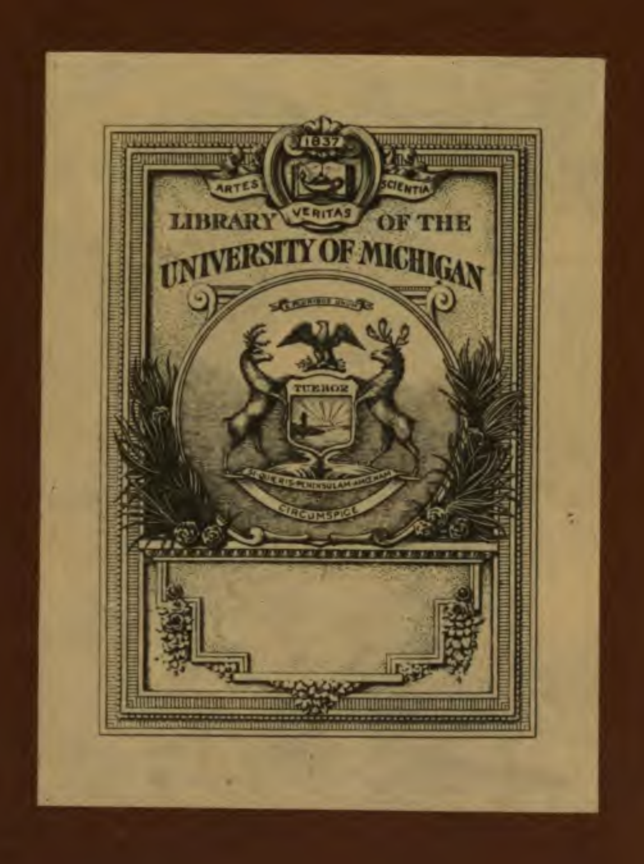

1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
CIRCUMSPICE










# Die landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen.

Organ für

naturwissenschaftliche Forschungen

auf dem Gebiete der Landwirtschaft.

Unter Mitwirkung

sämtlicher Deutschen Versuchs-Stationen

herausgegeben von

**Dr. Friedrich Nobbe,**

Geheimer Hofrat, Professor an der Kgl. Akademie und Vorstand der physiologischen Versuchs- und Samenkontroll-Station zu Tharand.

*„Concordia parvae res crescunt . . .“*



**Band XXXVII.**

BERLIN.
VERLAG VON PAUL PAREY.
Verlagshandlung für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.
1890.

# Inhalts-Verzeichnis

des

## XXXVII. Bandes der „Landwirtsch. Versuchs-Stationen".

## Autoren.

# Sachregister.

## Allgemeines.



## Pflanzenwachstum. Bestandteile der Pflanzen. Pflanzenfeinde.

Seite

## Boden. Düngstoffe.



## Nahrungs- und Futtermittel. Fütterungsversuche.



## Technisches.

## Analytisches.



## Zur Statistik des landwirtschaftl. Versuchswesens.



## Verband landwirtschaftlicher Versuchs-Stationen im Deutschen Reiche.

# Über Äther-Explosionen.

Von

J. KÖNIG in Münster i. W.

Die im Laboratorium der hiesigen Versuchs-Station am 27. Juni d. J. stattgehabte Äther-Explosion dürfte wegen des starken Verbrauchs von Äther in landwirtschaftlichen Untersuchungs-Anstalten für die Fachgenossen allgemeines Interesse erregen, weshalb der hier beobachtete Fall näher beschrieben werden möge.

Im vergangenen Frühjahr beobachteten wir bei den mit im Januar als puriss. bezogenem Äther ausgeführten Fett-Bestimmungen Unregelmässigkeiten und auffallende Differenzen; die erhaltenen Fettrückstände mussten unter Überblasen von Luft verhältnismässig lange im Wasserbade getrocknet werden, um konstante Zahlen zu liefern. Gleichzeitig zeigte der Fettrückstand einen auffallenden stechenden Geruch.

Der 1. Assistent, Herr Dr. E. FRICKE, wollte dieser Erscheinung auf den Grund gehen und zu ermitteln suchen, ob der Äther vielleicht höher als bei 100° C. sich verflüchtigende Verbindungen enthalte. Er nahm zu dem Zweck den Rest des in einem Ballon im Keller aufbewahrten Äthers (etwa 500 cc), destillierte erst, wie üblich, bei niederer Temperatur, im Wasserbade ab und füllte dann den schwer flüchtigen Rückstand von etwa 3 cc in ein Fraktionier-Kölbchen mit aufgesetztem Thermometer um. Es wurde so weiter destilliert, indem das Kölbchen mit ganz kleiner Gasflamme unter Hin- und Herbewegen derselben erwärmt wurde. Etwa die Hälfte des Rückstandes ging zwischen 40—50° C. über, dann stieg das Thermometer rasch auf 100° C., es bildeten sich weisse Dämpfe und als das Thermometer etwa 103° C. erreicht hatte und noch ca. 1 cc flüssiger Rückstand im Kölbchen war, explodierte der Inhalt mit starkem Knall und solcher Heftigkeit, dass die staubartigen Glassplitterchen des

Kölbchens im ganzen Laboratorium herumflogen. Dabei wurde Herr Dr. E. Fricke und der in der Nähe stehende Assistent Herr Dr. M. Bömer im ganzen Gesicht und auch leider auf beiden Augen verletzt; der hinter diesen stehende Assistent Herr Dr. W. Kisch trug nur einige Verletzungen im Gesicht davon, die Augen blieben durch die Brille verschont.[1])

Hierzu ist zu bemerken, dass wir schon vorher bei diesem Äther 2 mal Explosionen bemerkt hatten, ohne dem Äther als solchem die Schuld beizumessen. Hierbei waren die Fett-Extraktionsrückstände in Glaskölbchen in eine Infundierbüchse auf einem kochenden Wasserbade gestellt und die Infundierbüchse, damit nichts in das Kölbchen falle, locker mit einem Uhrglase bedeckt. Es erfolgte hier die Explosion ebenfalls unter starkem Knall und unter Zersplitterung des Kölbchens wie Uhrglases zu feinstem Glaspulver; es kamen hierbei indess keine Verletzungen vor, weil zufällig Keiner in der Nähe stand.

Diese Explosionen wurden indess auf eine durch das Bedecken der Infundierbüchse hervorgerufene Spannung der rückständigen Äther-Dämpfe, nicht aber auf den Äther als solchen zurückgeführt, weil, wenn die Kölbchen mit dem ätherhaltigen Fettrückstande in einer nicht bedeckten Infundierbüchse oder offen im Dampf-Trockenschranke standen, keine Explosionen auftraten.

Das letzte Experiment mit dem bedauernswerten Ausgange beweisst aber, dass auch diese Explosionen dem Äther resp. dessen Destillations-Rückstande zugeschrieben werden müssen. Durch das Bedecken der im kochenden Wasserbade hängenden Infundierbüchsen hat der Inhalt der Fett-Kölbchen infolge der geringeren Wärme-Ausstrahlung eine höhere Temperatur (etwa 100 ° und vielleicht etwas mehr) angenommen und ist infolge dessen explodiert; denn die Explosion in dem Fraktionier-Kölbchen bei dem Prüfungs-Experiment ist erst eingetreten, als das Thermometer etwas über 100 ° C. zeigte.

Die Explosion des ätherhaltigen Fett-Rückstandes in den bedeckten Infundierbüchsen erinnert ganz an eine Beobachtung des Apothekers Brauns, welche von Ed. Schär in Zürich im Archiv d. Pharm. 1887, Bd. 25, Heft 14 beschrieben ist und

---

[1]) Der Referent war während des Experiments überhaupt nicht im Laboratorium.

welche Ed. Schär veranlasst hat, eine Erklärung für die abnormen Äther-Explosionen zu geben.

Brauns hatte zur Ermittelung des Fettgehaltes einer Probe „Koprah“ (Pressrückstand der Kokosnüsse) in üblicher Weise (1 g der zerriebenen und vorher bei 100° getrockneten Substanz) mit Äther extrahiert und den ätherischen Auszug in einer Platinschale von 60 cc Inhalt bei gelinder Wärme verdunstet. Das Verdunsten geschah auf einer mässig erwärmten gusseisernen Platte; nahe am Schluss der Operation wurde die Platinschale auf eine etwas stärker erwärmte Stelle geschoben, ohne dass jedoch durch diese Veränderung die Flüssigkeit ins Kochen geraten wäre. Nach sehr kurzer Zeit wurde ein sehr heftiger, einem starken Pistolenschuss entsprechender Knall gehört. Dabei war die von ihrem Inhalt entleerte Platinschale stark beschädigt, indem sie einen unregelmässig zerrissenen und vollständig abgeplatteten Boden zeigte.

Der von Brauns verwendete „Äther purus“ war während etwa 15 Jahren in einer und derselben Flasche aufbewahrt und war daraus nur zeitweise etwas zu photographischen oder chemischen Zwecken entnommen worden. Derselbe hatte früher kein abnormes Verhalten gezeigt, gab jedoch zur Zeit der Beobachtung beim Verdampfen der Fettlösung einen scharfen, die Nasen- und Augenschleimhaut reizenden Geruch von sich, demjenigen ähnlich, welcher bei der Oxydation von Alkohol oder Äther mittelst eines Platinschwammes oder einer mässig erhitzten Spirale feinen Platindrahtes in einem Gefäss mit atmosphärischer Luft bemerkt wird. Auch hatte der Äther eine ausgeprägte stark sauere Reaktion.

Ed. Schär stellte mit diesem Äther weitere Versuche an; er fand, dass, wenn er den Äther unter den verschiedensten Umständen für sich allein verdampfte, keine Explosion eintrat, dagegen wohl mit mehr oder weniger Heftigkeit, wenn der Äther zur Extraktion von Fettsubstanzen benutzt und fetthaltig war. Schär hält daher die gleichzeitige Anwesenheit von Fett für einen das explosive Verhalten mitbedingenden Faktor und ist der Ansicht, dass das explosive Verhalten des Äthers durch einen abnorm hohen Gehalt an Wasserstoffsuperoxyd und möglicherweise auch an dem 1881 von M. Berthelot entdeckten Äthylperoxyd $(C_2H_5)_4O_3$ zu erklären ist.

In der That konnte Ed. Schär in dem von Brauns verwendeten Äther durch die verschiedensten Reaktionen grössere Mengen von Wasserstoffsuperoxyd nachweisen; auch ist von diesem bekannt, dass es beim plötzlichen Erhitzen bis zu 100° sich explosionsartig resp. mit Auftreten von Explosion zersetzt. Schär nimmt daher an, dass bei dem betreffenden Äther durch das gleichzeitige Vorhandensein von Fett, dessen Siede- resp. Zersetzungspunkt sehr hoch über dem des Athers liegt, das Wasserstoffsuperoxyd zurückgehalten wurde, sich gleichsam konzentrierte und bei stärkerer Wärmezufuhr die Explosion veranlasste, während bei der Verdampfung des Äthers für sich allein eine derartige Ansammlung von dem explosiven Wasserstoffsuperoxyd nicht statthatte.

Die Bildung von Wasserstoffsuperoxyd aber und die damit verbundene Bildung von Ozon im Äther, nämlich bei der spontanen Oxydation desselben ist mehrfach behauptet worden, so von Babo, Schönbein, Warden und Anderen (vgl. Ed. Schär l. c.); P. C. Plugge konnte in einer grossen Anzahl von Ätherproben verschiedener Abstammung die Gegenwart deutlich nachweisbarer Mengen von Wasserstoffsuperoxyd darthun.

Das „Äthylperoxyd“ anlangend, so bildet sich dasselbe als eine leicht zersetzliche, glyzerinhaltige Flüssigkeit nach Berthelot durch Behandlung reinen Äthers mit trocknem Ozon-Sauerstoff, d. h. mit trockener ozonisierter Luft, und schliesst die Destillation eines Äthers, in welchem diese Verbindung gelöst ist, mit einer mehr oder weniger starken Explosion unter Bildung weisser Nebel ab.[1])

Ed. Schär hält aber die Mitwirkung von Äthylperoxyd bei der Explosions-Erscheinung des von Brauns verwendeten Äthers für ausgeschlossen, weil sich dasselbe mit Wasser sofort unter Bildung von Wasserstoffsuperoxyd zersetzt und der von ihm verwendete Äther stark wasserhaltig war.

In letzter Zeit haben Th. Poleck und K. Thümmel[2]) eine ähnliche, aber erweiterte Erklärung für die Äther-Explosionen gegeben. Sie wollten Quecksilberoxychlorid durch Schütteln

---

[1]) J. Piccard hat neuerdings (Chem. Centr.-Bl. 1889, Bd. I. S. 418) in einem vor 5 Jahren über Natrium rektifizierten Äther ebenfalls ein Superoxyd nachweisen können.

[2]) Berichte d. Deutsch. chem. Gesellsch. in Berlin 1889, S. 2863.

mit käuflichem und selbst dargestelltem Äther von überschüssigem Quecksilberchlorid befreien. Dieses gelang jedoch nicht, weil sich nach 10—20 Minuten die Flüssigkeit trübte und weiter einen amorphen, weissen Niederschlag absetzte; derselbe erwies sich als Vinylquecksilberoxydchlorid, welches durch Behandeln mit Kaliumhydroxyd in ein schwarzes äusserst explosives Pulver übergeht. P. und Th. untersuchten eine Reihe käuflichen Äthyläther nach dieser Richtung und fanden, dass sie alle diesen Niederschlag gaben, nämlich zwischen 0,89 bis 6,64 %. Sie betrachten daher den „Vinylalkohol“ ($C_2H_4O$) als einen ständigen Begleiter des Äthyläthers. Der Vinylalkohol bildet sich beim Behandeln des Äthers mit ozanhaltiger Luft, Chromsäure und auch durch den atmosphärischen Sauerstoff allein, besonders unter dem Einfluss des Sonnenlichtes.

In derselben Weise aber, wie bei der Oxydation von Zink mit Luft und wenig Wasser stets Wasserstoffsuperoxyd gebildet wird, tritt nach den Verfassern auch hier neben dem aus Äthyläther gebildeten Vinylalkohol Wasserstoffsuperoxyd auf nach der Gleichung:

$$\left.\begin{matrix} CH_3\,CH_2 \\ CH_3\,CH_2 \end{matrix}\right\} O + O_3 = \left.\begin{matrix} CH_2\,CHOH \\ CH_2\,CHOH \end{matrix}\right\} + \left.\begin{matrix} HO \\ HO \end{matrix}\right\}$$

Das Wasserstoffsuperoxyd wirkt seinerseits ebenfalls oxydierend auf Äther, indem es Vinylalkohol bildet, wobei der wahrscheinlich als Ozon freiwerdende Sauerstoff zur Oxydation weiterer Äthermoleküle, vielleicht zur Bildung von Äthylperoxyd Veranlassung giebt. Der Vinylalkohol geht durch weitere Oxydation in Essigsäure über.

Die Entstehung des Vinylalkohols bei der fabrikmässigen Darstellung des Äthers ist noch nicht aufgeklärt. Es wäre möglich, dass sich bei der Darstellung des Äthers aus Alkohol und Schwefelsäure das sog. Sulfurylsuperoxyd ($SO_4$) Richarz's bildet, welches die Bildung von Wasserstoffsuperoxyd zur Folge hat.

Indem wir die vorstehenden Mitteilungen und Untersuchungen auf die hiesigen Beobachtungen anwenden, so sind die von Schär beschriebenen und die hier beobachteten Explosions-Erscheinungen mehr oder weniger gleichartig aufgetreten; nur trat hier die Explosion auch in dem fettfreien Atherrückstand und zwar unter Bildung weisser Nebel auf, welche auf einen Gehalt von Äthylperoxyd hindeuten; Poleck und Thümmel

glauben aber bestimmt, dem letzteren einen Anteil bei diesen Explosionen zuschreiben zu müssen.

Ob der hier verwendete Äther auch „Wasserstoffsuperoxyd“ oder „Vinylalkohol“ enthalten hat, ist von uns nicht untersucht worden. Der Rest des Äthers war eben zu dem beklagenswerten Versuch verwendet worden und vorher hatten wir keine Veranlassung genommen, den Äther hierauf zu untersuchen. Dagegen hinterliess der Äther einen Rückstand von überaus stechendem Geruch und zeigte auch in der letzten Zeit eine sauere Reaktion, welche bei Absendung desselben aus der Fabrik nach dem dortigen Journal nicht vorhanden gewesen ist. Der Äther hatte hier nur in der Zeit von Februar bis Juni in einem Glasballon im Keller gestanden[1]), wie der Äther überhaupt seit Jahren hier aufbewahrt wird, ohne dass dergleichen Erscheinungen aufgetreten sind. Jedenfalls wäre zu wünschen, dass die Ursache dieser Äther-Explosions-Erscheinungen auch seitens der Fabrikanten eine baldige Aufklärung fände. Denn die hier durch die Explosion hervorgetretenen Folgen sind sehr bedauernswert und nicht geringer Natur.

Zwar hat der Assissent Dr. M. Bömer nach 14 tägiger Behandlung in der hiesigen Provinzial-Augenklinik volles Sehvermögen auf beiden Augen behalten; bei demselben war die Lederhaut auf beiden Augen verletzt und waren Blutungen in den Glaskörper eingetreten. Herr Dr. E. Fricke dagegen, welcher sich einer 5 wöchentlichen Behandlung in derselben Klinik unterwerfen musste, bleibt mit dem rechten Auge — das linke war nur unwesentlich verletzt — staarblind. Zwar besitzt er mit dem Auge noch geringes Sehvermögen und wird mit Hülfe einer Staarbrille ein gutes Sehvermögen wieder erhalten; aber die gleichzeitige Anwendung beider Augen bleibt ausgeschlossen.

Damit nicht andere Fachgenossen von gleichem Unfall betroffen werden, dürften auf Grund der vorstehenden Mitteilungen folgende Vorsichtsmassregeln zu empfehlen sein:

---

[1]) Eine derartige Veränderung des Äthers beim Aufbewahren innerhalb kurzer Zeit ist von uns an einer weiteren Sendung Äther beobachtet worden; der Äther war Ende Mai neutral und hinterliess keinen Rückstand, Anfang August reagierte er aber sauer und gab einen Rückstand von stechendem Geruch.

1) Man verwende keinen stark wasserhaltigen und keinen Wasserstoffsuperoxyd enthaltenden Äther von sauerer Reaktion, welcher beim Verdunsten einen Rückstand hinterlässt, besonders keinen Äther, welcher beim Verdunsten einen Rückstand von stechendem Geruch hinterlässt.

2) Man bewahre den Äther im Keller unter Lichtabschluss in kleineren, gut verschlossenen Glasgefässen auf, welche dem Verbrauch so angepasst sind, dass sie nicht häufig geöffnet zu werden brauchen, um sie ihres Inhaltes zu entleeren.

Die Prüfungsmethoden auf Wasser, Wasserstoffsuperoxyd und sauere Beschaffenheit sind bekannt; auf Wassergehalt prüft man mit einem Stück reinen metallischen Natriums, welches nur eine schwache Gasentwickelung liefern darf und auf der Oberfläche blank bleiben muss; auf Wasserstoffsuperoxyd mit Jodkalium und Stärkekleister, Chromsäure etc.; auf Reaktion durch Durchschütteln mit Wasser und Prüfen der Wasserschicht.

Es sei auch noch erwähnt, dass Wasserstoffsuperoxydhaltiger Äther gleichzeitig Aldehyd enthalten und mit Ätzkali sich gelb färben soll. Zur Beseitigung dieser Verunreinigung wird empfohlen, den Äther mit Ätzkali zu behandeln und zu rektifizieren.

Nach Poleck und Thümmel kann man den ständigen Begleiter des Äthers, den „Vinylalkohol", aus demselben abscheiden: durch wiederholtes Schütteln mit Wasser, durch eine alkalische Quecksilber-Monoxychlorid-Lösung, durch Behandeln mit Brom, durch Phenylhydrazin und endlich durch Kaliumhydroxyd, wodurch er vollständig zersetzt wird.

Ich glaube indess nach den hiesigen Erfahrungen den Laboratorien anraten zu müssen, von den Fabriken nur solchen Äther anzunehmen, welcher diese Verunreinigungen nicht enthält; hoffentlich wird es der chemischen Technik gelingen, auch solchen Äther stets zu liefern.

Münster, im September 1889.

---

# Mitteilungen aus dem agrikulturchemischen Laboratorium des Kaiserl. land- und forstwirtschaftlichen Instituts zu Tokio (Komaba).

## XIII. Über die Zusammensetzung des Fäkaldüngers und die Stickstoffverluste beim Lagern desselben.

Von

Dr. O. KELLNER (Referent) und Y. MORI.

Die Nahrung des japanischen Volkes ist, wie wir an einem anderen Orte[1]) ausführlich dargelegt haben, eine ganz eigenartige und sehr verschieden von der europäischen Kost. Die wohlhabenden und mittleren Klassen geniessen eine gemischte Nahrung, deren animalischer Teil aus Fischen und anderen Seetieren besteht, wogegen das ärmere Volk in selbst nur geringer Entfernung vom Meere fast nur Pflanzennahrung zu sich nimmt, welche sich in ihrer Art, den klimatischen Verhältnissen des Landes und dem eigentümlichen Geschmack des Volkes entsprechend, ebenfalls von den vegetabilischen Nahrungsmitteln anderer Länder unterscheidet. Da nun die Zusammensetzung menschlicher Auswurfstoffe bei verschiedenartiger Ernährung nur erst wenig erforscht ist und der Fäkaldünger in Japan in Feld und Garten wohl die hervorragendste Rolle unter den Düngemitteln spielt, so haben wir einige eingehende Untersuchungen desselben vorgenommen.

Zur Analyse gelangten Proben, welche in Quantitäten von je 5 Litern aus stets mehreren Aborten genommen und in einem geräumigen Ballon durch Schütteln gründlich gemischt wurden. Dieselben waren folgenden Ursprungs:

1. Von Bauern aus der Umgebung von Tokio, welche nur selten animalische Nahrung zu sich nehmen. Der Harn

[1]) Zeitschrift f. Biologie, Jahrg. 1888, S. 102—122.

und der eigentliche Closetdünger wurden gesondert analysiert, und bei der Berechnung der Zusammensetzung des gesamten Düngers angenommen, dass auf 1 Teil Closetdünger 4 Teile Harn getrennt ausgeschieden werden.

2. Von Bürgern. Diese Proben waren aus den grossen Booten genommen, in welchen der Fäkaldünger aus Tokio flussaufwärts geschafft wird, und bestand aus einer vollständigen Mischung von Harn und Faeces.

3. Von mittleren Beamten aus unserem Institut.

4. Von Zöglingen und Soldaten der Marineschule in Tokio, in welcher gemischte Kost mit einer mässigen Beilage von Fleisch verabreicht wird.

Man darf annehmen, dass in allen diesen Fällen die Aufsammlung der Fäkalien eine ziemlich vollständige war, da fast durchweg glasierte Thongefässe oder wasserdichte Tonnen hierzu verwendet werden und es sehr gegen Sitte und Gewohnheit verstossen würde, andere Orte zu verunreinigen. Auch eine Verdünnung der Fäkalien mit Abwasser oder Abfällen aus Küchen u. s. w. muss als ausgeschlossen betrachtet werden, da die Bauern gewöhnlich Verträge mit den einzelnen Familien eingehen und jährlich eine kleine Summe für den Dünger entrichten[1]), wobei die Vermeidung jeder Verdünnung, sowie die Instandhaltung der wasserdichten Behälter als selbstverständliche Bedingungen gelten.

Die chemische Untersuchung wurde nach den allgemein üblichen Methoden ausgeführt, indem von dem durch heftiges Schütteln im Ballon wohlgemischten Dünger sämtliche Analysenproben rasch nach einander genommen wurden. Für die Bestimmung der Aschenbestandteile wurden etwa je 300 g, für die Stickstoffbestimmung, welche nach Kjeldahl ausgeführt wurde, je 50 g verwendet. Das Chlor wurde nach Neubauer's Methode ermittelt.

---

[1]) Es wird bezahlt für eine erwachsene, über 15 Jahr alte Person 25—30 Sen (100 Sen = 3—4 Mark), von Kindern zwischen 10 und 15 Jahren werden zwei für einen Erwachsenen gerechnet und für Kinder unter 10 Jahren wird nichts entrichtet.

In 1000 Teilen des Düngers wurde auf diese Weise gefunden:

| | 1. Von Bauern. | 2. Von Bürgern. | 3. Von Beamten. | Mittel von 1—3. | 4. Von Soldaten u. Schülern. |
|---|---|---|---|---|---|
| Wasser | 952.9 | 953.1 | 945.1 | 950 | 944.1 |
| Organische Substanz | 30.3 | 31.8 | 38.9 | 34 | 40.7 |
| Asche | 16.8 | 15.1 | 16.0 | 16 | 15.2 |
| Stickstoff | 5.51 | 5.85 | 5.70 | 5.7 | 7.96 |
| $K_2O$ | 2.95 | 2.88 | 2.40 | 2.7 | 2.07 |
| $Na_2O$ | 5.10 | 4.09 | 4.48 | 4.6 | 3.61 |
| $CaO$ | 0.12 | 0.19 | 0.19 | 0.2 | 0.29 |
| $MgO$ | 0.34 | 0.46 | 0.60 | 0.5 | 0.51 |
| $Fe_2O_3$ und $Al_2O_3$ | 0.26 | 0.18 | 0.61 | 0.3 | 0.61 |
| $P_2O_5$ | 1.16 | 1.33 | 1.52 | 1.3 | 2.97 |
| $SO_3$ | 0.71 | 0.35 | 0.48 | 0.5 | 0.72 |
| $SiO_2$ und Sand | 0.35 | 1.04 | 1.10 | 0.5 | 0.37 |
| Cl | 7.04 | 5.50 | 6.06 | 6.2 | 5.08 |
| Kochsalz | 11.60 | 9.06 | 9.99 | 10.2 | 8.37 |

Vergleicht man diese Zahlen mit den von E. v. Wolff gegebenen Mittelwerten, so findet man, dass die bei gewöhnlicher japanischer Kost (1—3) ausgeschiedenen Fäkalien verhältnismässig reich an Wasser und demzufolge arm an Stickstoff, Kali und Phosphorsäure sind. Dieser Umstand erklärt sich ungezwungen aus dem hervorragenden Anteil, welchen die vegetabilischen Nahrungsmittel in der Zusammensetzung der japanischen Kost nehmen. Im Zusammenhang damit — wenn wir der Bunge'schen Theorie folgen wollen — steht auch der relativ hohe Chlor- und Kochsalzgehalt der Fäkalien. Als mittlere Zusammensetzung der nach gewöhnlicher japanischer Kost entleerten Exkremente dürfen wir den Durchschnitt der Analysen 1—3 betrachten, welche unter einander eine ziemliche Übereinstimmung zeigen. Bei der ausnahmsweise reichen, den europäischen Verhältnissen nachgebildeten Kost in der Seekadetten-Anstalt wurde dagegen ein Dünger erzeugt, der sich in seinem Wert nur wenig von den v. Wolff'schen Zahlen entfernt.

Dieselben Verhältnisse zeigen sich in drei weiteren Analysen von gesondert ausgeschiedenem Harn und Koth nachstehenden Ursprungs:

5. Harn von Bürgern, aus den öffentlichen Bedürfnisanstalten in Tokio.

6. Harn von Bauern und

7. Koth von Bauern aus der Umgebung der Hauptstadt. Letzterer repräsentiert nur den Dünger (Koth nebst etwas Harn), der in den Closets gesondert von der Hauptmasse des Harns abgesondert wird.

Folgendes waren die Ergebnisse der Analysen dieser drei Proben:

| In 1000 Teilen des frischen Düngers. | Harn | | Koth von Bauern. 7. |
|---|---|---|---|
| | von Bürgern. 5. | von Bauern. 6. | |
| Wasser | 967.7 | 969.7 | 885.8 |
| Organische Substanz | 18.6 | 14.0 | 95.8 |
| Asche | 13.7 | 16.3 | 18.4 |
| Stickstoff | 5.70 | 4.29 | 10.37 |
| $K_2O$ | 1.37 | 2.84 | 3.39 |
| $Na_2O$ | 5.23 | 5.57 | 3.23 |
| $CaO$ | 0.04 | 0.03 | 0.50 |
| $MgO$ | Spur | 0.02 | 1.70 |
| $Fe_2O_3$ und $Al_2O_3$ | 0.01 | Spur | 1.28 |
| $P_2O_5$ | 0.44 | 0.55 | 3.60 |
| $SO_3$ | 0.96 | 0.77 | 0.49 |
| $SiO_2$ und Sand | 0.07 | 0.12 | 1.26 |
| Cl | 6.93 | 7.88 | 3.70 |
| Kochsalz | 11.42 | 12.98 | 6.10 |

In Japan wie in China werden die Fäkalien aus Gründen der Erfahrung nur in gut zersetztem Zustande zur Düngung benutzt, weshalb man dieselben gewöhnlich mit dem 2—3 fachen Volumen Wasser verdünnt und in grossen, offenen, vor Regen und Sonne geschützten Bottichen stehen lässt, bis die Oberfläche eine grünlichbraune Färbung angenommen hat. Im Sommer sind hierzu etwa 5—6, im Winter 10 Tage nötig. Da während dieser Zeit der Harnstoff unter Wasseraufnahme in kohlensaures Ammoniak übergeht und letzteres flüchtiger Natur ist, so lässt sich voraussehen, dass während der Gärung, bezw. beim Lagern der Fäkalien ein Verlust an Stickstoff stattfinden wird, über dessen Grösse wir Gewissheit zu verschaffen uns bemüht haben. Die hierauf gerichteten Versuche wurden in folgender Weise angestellt:

Ein etwa $^3/_4$ Hektoliter fassendes glasiertes Thongefäss wurde in die Erde eingelassen und mit ca. 700 Litern Fäkalien gefüllt. Letztere waren in den vorangegangenen 8—10 Tagen

frisch gesammelt und durch ein Sieb gegossen worden. Das Gefäss wurde mit einem leichten Flechtwerk aus Bambus umgeben und mit einem Strohdach geschützt. Von Zeit zu Zeit wurden dann Proben zur Untersuchung nach gründlicher Durchmischung des Gefässinhaltes entnommen. Um das lästige Wägen oder Messen des grossen Volumens zu vermeiden, bestimmten wir in dem frischen bezw. gelagerten Dünger ausser dem Gesamt-Stickstoff noch jedesmal das Chlor und waren so in der Lage, aus dem Verhältniss dieser beiden Stoffe den Verlust an Stickstoff- und Wasserverlust zu bestimmen. Das Chlor wurde deshalb gewählt, weil ein Verlust desselben nicht zu gewärtigen, es im Verhältnis zum Stickstoff in relativ grosser Menge vorhanden ist und sich leicht quantitativ bestimmen lässt. Die analytischen Methoden waren dieselben wie oben angegeben. Da die Temperatur, wie vorauszusehen, einen Einfluss auf die Verdampfung des Wassers und Ammoniaks aus den gärenden Fäkalien ausüben konnte, so wurden drei Versuchsreihen zu verschiedenen Zeiten, nämlich im Winter, Frühjahr und Sommer ausgeführt. Die Resultate sind in Nachstehendem niedergelegt.

### I. Versuch (Winter).

| In 1000 Teilen des Düngers: | Frischer Dünger. 20. Februar. | Gelagerter Dünger nach 1 Woche. | Gelagerter Dünger nach 3 Wochen. |
|---|---|---|---|
| Stickstoff | 7.90 | 7.76 | 7.55 |
| Chlor | 6.05 | 6.11 | 6.16 |
| Verlust von 1000 Teilen frischem Dünger: | | | |
| Wasser | — | 8.2 | 16.2 |
| Stickstoff | — | 0.204 | 0.472 |
| Verlust an Stickstoff in % der angewandten Menge | — | 2.58 | 5.98 |

### II. Versuch (Frühjahr).

| In 1000 Teilen des Düngers: | Frischer Dünger. 24. April. | Gelagerter Dünger nach 2 Wochen. | nach 3 Wochen. | nach 5 Wochen. | nach 7 Wochen. | nach 11 Wochen. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Stickstoff | 7.97 | 7.62 | 7.56 | 7.28 | 7.05 | 6.73 |
| Chlor | 5.86 | 5.88 | 5.94 | 5.99 | 6.02 | 6.05 |
| Verlust v. 1000 T. fr. Dünger: | | | | | | |
| Wasser | — | 3.4 | 13.2 | 21.7 | 26.5 | 31.4 |
| Stickstoff | — | 0.369 | 0.504 | 0.842 | 1.109 | 1.607 |
| Verlust an Stickstoff in % der angewandten Menge | — | 4.63 | 6.32 | 10.57 | 13.92 | 20.17 |

### III. Versuch (Sommer).

| In 1000 Teilen des Düngers: | Frischer Dünger. 6. Juli. | Gelagerter Dünger nach 2 Wochen | Gelagerter Dünger nach 5 Wochen |
|---|---|---|---|
| Stickstoff | 7.22 | 6.95 | 6.46 |
| Chlor | 5.62 | 5.70 | 5.76 |
| Verlust von 1000 Teilen frischem Dünger: | | | |
| Wasser | — | 14.4 | 24.3 |
| Stickstoff | — | 0.367 | 0.916 |
| Verlust an Stickstoff in °/₀ der angewandten Menge | — | 5.09 | 12.70 |

Bei einer kurzen Zeit des Lagerns, wie dieselbe hier zu Lande üblich ist, sind die Verluste an Stickstoff demnach nicht gerade erheblich; dieselben betragen nach 3 Wochen im Winter nur 5,98, im Frühjahr 6,32 und im Sommer etwa 7,5 °/₀ der ursprünglich vorhandenen Menge, wenn die Fäkalien im unverdünnten Zustande aufbewahrt werden. Je länger der Dünger in den Tonnen verweilt, desto grösser sind natürlich die absoluten Verluste, da die Verdampfung des Ammoniaks nicht unterbrochen wird. Indessen ist doch eine geringe Verlangsamung in der Verdampfung zu bemerken, wenn man, wie im folgenden, die Verluste pro Woche berechnet. Von 100 Teilen ursprünglich eingelagertem Stickstoffs ging verloren:

Versuch I (Winter).

Innerhalb der 1. Woche . . . . . 2.58 Teile.
" " 2. u. 3. Woche . . . 1.70 "

Versuch II (Frühjahr).

Innerhalb der 1. u. 2. Woche . . . 2.32 Teile.
" " 3. " . . . 1.69 "
" " 4. " 5. " . . . 2.13 "
" " 6. " 7. " . . . 1.68 "
" " 7. bis 11. " . . . 1.55 "

Versuch III (Sommer).

Innerhalb der 1. u. 2. Woche . . . 2.55 Teile.
" " 3. bis 5. " . . . 2.54 "

Im Winter und Frühjahr vermindert sich die Temperatur, welche innerhalb der ersten Tage sich infolge der lebhaften Gärung in dem frischen Dünger über die Aussenwärme steigert, verhältnismässig rasch, wodurch auch die Verdampfung des

Ammoniaks abgeschwächt wird. In den heissen Monaten dagegen bleibt der Verlust erklärlicher Weise längere Zeit auf derselben Höhe.

An Wasser entweicht beim Lagern des unverdünnten Fäkaldüngers nur eine geringe Menge; nach 11 Wochen waren im Versuch II nur 31,4 pro Mille, und im Versuch III in der heissen Zeit nach 5 Wochen nur 24,3 pro Mille der angewandten Masse verdampft. Es braucht kaum hinzugefügt zu werden, dass auf diese, sowie auch auf die Stickstoffverluste, die Form der Gefässe, insbesondere das Verhältnis des Volumens zur Oberfläche des Düngers einen wesentlichen Einfluss äussern wird.

---

## XIV. Notizen aus Versuchen über die Bereitung des Sauerfutters.

Von

Dr. O. KELLNER (Referent) und J. SOWANO.

In früheren Arbeiten über die Veränderungen der Futtermittel beim Einsäuren in Mieten hatten wir beobachtet, dass die eiweissartigen Bestandteile des Futters einer tiefeingreifenden Zersetzung unterliegen[1]) und die Umwandlung der stickstoffhaltigen Stoffe bis zur Bildung ammoniakalischer Verbindungen voranschreiten kann, deren Flüchtigkeit beim Trocknen des Sauerfutters die bisher vielfach beobachteten, irrtümlicher Weise den Zersetzungsprozessen selbst zugeschriebenen Stickstoffverluste bedingt.[2]) Es war damals unterblieben, die Natur dieser flüchtigen basischen Stickstoffverbindungen näher festzustellen, weshalb wir diese Versuche im Sommer 1885 wieder aufnahmen.

Von einer schmetterlingsblütigen Pflanze, *Lespedeza cyrtobotyra Miq.*, welche in unserer Nachbarschaft vielfach wild wächst, sich aber leicht in Kultur nehmen lässt und eine dem hiesigen Klima angepasste, brauchbare Futterpflanze zu werden verspricht, wurde am 1. Juni eine grössere Menge geerntet, zu zolllangen Stücken zerschnitten und in einem 1,5 Meter tiefen Fasse von 1 Meter Durchmesser in der Erde unter Dach in der üblichen Weise eingesäuert. Am 21. September wurde die Miete geöffnet, von dem ganz normal beschaffenen Sauerfutter eine Probe mit etwas kaltem Wasser angerührt und alsbald ausgepresst. Die ablaufende Flüssigkeit wurde filtriert und ohne Zusatz der Destillation unterworfen. Das Destillat wurde in zwei Portionen nacheinander aufgefangen, nach Zusatz von etwas frisch gefälltem kohlensaurem Kalk gesondert destilliert,

[1]) Diese Zeitschrift, 26. Bd., 1880, S. 447.
[2]) Diese Zeitschrift, 32. Bd., 1885, S. 57.

mit Salzsäure schwach übersättigt, eingedampft, in einer geringen Menge Wasser gelöst und mit Platinchlorid versetzt. Der hierbei entstehende Niederschlag wurde aus einer geringen Menge heissem Wasser umkrystallisiert, die aus Oktaedern, Tetraedern und combinierten Formen des regulären Systems bestehenden Kryställchen bei 120° C. bis zum konstanten Gewicht getrocknet und im bedeckten Porzellantiegel vorsichtig erwärmt und geglüht.

0.441 g der Platinverbindung aus dem ersten Teil des Destillats ergab 0.192 g Pt = 43.52 %.

0.624 g der Verbindung aus dem zweiten Teil des Destillats ergab 0.274 g Pt = 43.91 %.

Mittel beider Bestimmungen: 43.72 % Pt.

Berechnet für $(NH_4Cl)_2$ Pt $Cl_4$: 43.91 % Pt.

Hiernach bestand die Verbindung aus Platinsalmiak. Die Filtrate von derselben wurden auf ein kleines Volumen gebracht und mit absolutem Alkohol versetzt. Es schieden sich nochmals gelbe Krystalle aus, welche nach vollständigem Trocknen 42.03 % Pt. enthielten, also wahrscheinlich aus einem Gemenge der Platinverbindungen des Ammoniaks und eines oder mehrerer substituierter Ammoniake bestanden. Die Menge dieser Verbindungen war indessen so gering, dass eine weitere Untersuchung derselben unmöglich war. Unseren Ergebnissen lässt sich also entnehmen, dass die Stickstoffverbindungen, welche beim Trocknen normalen Sauerfutters unter Umständen entweichen, grösstenteils aus Ammoniak bestehen.

Bei Gelegenheit der Öffnung der oben beschriebenen Miete fiel uns die grosse Verschiedenheit in dem Feuchtigkeitszustande des Sauerfutters auf, weshalb wir auch den Wasser- und Stickstoffgehalt verschiedener Schichten bestimmten. Die Resultate waren folgende:

| | Wasser im frischen Sauerfutter | Stickstoff in der Trockensubstanz. |
|---|---|---|
| Obere Schicht . . | 74.47 % | 2.61 %. |
| Mittlere „ . . . | 81.12 „ | 2.98 „ |
| Untere „ . . . | 84.54 „ | 3.16 „ |

Bei solchen Verschiedenheiten in der Zusammensetzung eines selbst nur kleinen Quantums Sauerfutter erscheint es ausserordentlich schwierig, Proben zu ziehen, welche den Gehalt des gesamten Futters einer grossen Miete zuverlässig

zum Ausdruck bringen. Da, wo ein „Fuder“ oder eine „Tonne“ die Masseinheit bildet, sind quantitative Untersuchungen über Stickstoffverluste u. dergl. unseres Erachtens überhaupt unmöglich. Unanfechtbare Ergebnisse über die quantitativen chemischen Veränderungen des Futters in Mieten lassen sich nur erlangen, wenn, wie Referent schon vor 9 Jahren zeigte[1], eine mit dem zur Analyse verwendeten frischen Futter übereinstimmende kleine Probe von einigen Kilogrammen allseitig abgeschlossen in der Miete den gleichen Bedingungen ausgesetzt wird, wie die Hauptmasse des eingelagerten Futters.

Was ferner noch unsere frühere Arbeit über den Verlust an Stickstoff durch Dissoziation organischer Ammoniaksalze beim Trocknen des Sauerfutters anbetrifft, so haben wir niemals ein Geheimnis daraus gemacht, dass unsere Resultate nur durch die Untersuchung eines Futtermittels (Weissklee) erlangt worden sind. Wir hatten eben damals so wenig wie jetzt weder Gelegenheit noch Zeit, andere Futterstoffe in gleicher Weise zu beobachten, und sind deshalb dafür dankbar, dass A. MORGEN[2]) den Gegenstand aufgenommen hat. Letzterer konnte in zwei Proben eingesäuerter Runkelrübenblätter unsere Beobachtung bestätigen; indem er Verluste nachwies, welche 13.5 bezw. 20.7 % des im frischen Sauerfutter vorhandenen Stickstoffs betrugen[3] und durch Verflüchtigung von Ammoniak beim Trocknen des Futters hervorgerufen worden waren. Bei eingesäuerten Diffusionsrückständen und Sauerfutter aus Grünmais fand eine solche Verflüchtigung in nur unbedeutendem Grade statt, da dieselben eben nur sehr geringe Mengen von Ammoniak enthielten. Die Dissoziation organisch-saurer Ammoniaksalze erfolgt selbst in

---

[1]) Diese Zeitschrift, 26. Bd., 1880, S. 447.

[2]) Journal f. Landwirtschaft, 1888, 36. Bd., S. 301.

[3]) Morgen bemerkt hierzu: „Die Nachteile, welche die Aufbewahrungsmethode durch Einsäuern im Gefolge hat, werden hierdurch (nämlich „durch die von KELLNER nachgewiesene analytische Fehlerquelle“) allerdings nicht vermindert, da der Teil des Stickstoffs, welcher beim Trocknen ohne Zusatz von Salzsäure entweicht, eben nur Ammoniakstoff und als solcher für die tierische Ernährung wertlos ist.“ Demgegenüber ist zu bemerken, dass für die Beurteilung der Vor- oder Nachteile des Einsäuerns es doch von grosser Wichtigkeit ist, zu wissen, ob 20 Prozent mehr oder weniger an Stickstoff verloren gehen, da eben nicht blos der Nährwert des Sauerfutters, sondern auch die Wirkung des mit diesem Futter erzeugten Düngers in Betracht zu ziehen ist.

höheren Temperaturen nicht, wenn der Überschuss an freier nicht flüchtiger Säure ein sehr grosser ist.[1]) — Ausserdem gehören sowohl die Diffusionsrückstände als auch der Grünmais zu den stickstoffarmen Futterstoffen, deren lösliche, bezw. während der Säuerung in Lösung übergehende Stickstoffverbindungen sehr wahrscheinlich zunächst zur Ernährung der Mikroorganismen, insbesondere zum Aufbau des Protoplasma dieser Bakterien dienen. Für die Richtigkeit dieser Ansicht darf gewiss auch angeführt werden, dass nach P. Behrend und A. Morgen[2]) die Amide von Kartoffelmaischen zur Ernährung des Hefepilzes verbraucht und in eiweissartige Verbindungen übergeführt werden können.

Wir sehen uns schliesslich noch gezwungen, auf eine Arbeit näher einzugehen, deren Autor, F. W. A. Woll[3]), unsere früheren Resultate[4]) über die vermeintlichen Stickstoffverluste beim Einsäuern der Futtermittel widerlegt zu haben glaubt. Die Versuche dieses Autors lassen sich in zwei Gruppen sondern; in der einen wurden grüne Pflanzen verwendet und das Gewicht des eingemieteten und des gesäuerten Futters bestimmt; in der anderen wurden eine Anzahl Körner aus gesäuerten Maisähren „mit getrocknetem, reifem Mais derselben Art verglichen, welcher ungefähr zur selben Zeit geerntet wurde, als die Silos gefüllt wurden.“

Was die ersteren Versuche anbelangt, so giebt Woll eine Beschreibung des Einmietungsverfahrens in der angezogenen Abhandlung nicht, sondern verweist auf einen amerikanischen Bericht[5]), in welchem sein Direktor, W. A. Henry, über die Mieten mitteilt, dass sie in einer Scheuer angelegt und mit Brettern ausgekleidet waren. Des Weiteren berichtet der Letztere:

*„Our little pits had, of course, four corners in each, and in each of these corners some ensilage failed to keep as well as that*

---

[1]) Zur Orientierung auf diesem Gebiete sei verwiesen auf eine Abhandlung von H. C. Dibbits in Fresenius' Zeitschrift f. analyt. Chemie. 13. Jahrg., 1874, S. 395.

[2]) Diese Zeitschrift 24. Bd., 1879, S. 171.

[3]) Diese Zeitschrift 36. Bd., 1889, S. 161.

[4]) Diese Zeitschrift 32. Bd., 1885, S. 57.

[5]) Fifth annual report of the agr. Experiment Station of the University of Wisconsin. 1888, S. 10.

*nearer the centre of the mass, and though the amount lost in this way would be insignificant in a large silo, **it was considerable** in these small pits when compared with the total contents. We found also in two ar three cases that the sides swelled and sprung in, **because of moisture from the ensilage**, and allowed some air to penetrate which **did considerable damage**.*" Die Bretter hatten also zunächst Feuchtigkeit aus dem Futter aufgesogen, waren aufgequollen und dann gesprungen. Verluste fanden daher nicht blos statt infolge des Säuerungsprozesses, sondern auch mechanisch durch Abfluss von Saft in die Bretter und möglicher Weise auch auf chemischem Wege in den „beträchtlichen" Mengen verdorbenen Sauerfutters.

Noch deutlicher werden die Mängel der WOLL'schen Versuche, wenn man die Abhandlung von W. A. HENRY und F. A. WOLL[1]) liest, welche Letzterer in dieser Zeitschrift ebenfalls citiert. Es wird dort angegeben, dass von 100 Teilen Mineralstoffen nach dem Einmieten aus dem Futter verschwunden waren:

im Silo I. Gelber Pferdezahn-Futtermais . 21.38 %[2])
„ „ II. Grosser süsser Mais . . . . 20.88 „ [2])

Im Silo No. III fand sich eine kleine Zunahme an Asche. — Hierzu wird nun folgende Erklärung gegeben:

*The above results, and still more the results of siloed and dry corn reported below, indicate that **the mineral matter in the siloed fodder is in some way subject to translocation**, caused by pressure of the upper layers on the lower ones, or by movement of the juices of the green fodder or by diffusion. In this way there will be an accumulation of mineral matter at some places and a diminution at other places. The sampling of the ensilage so as to get a fair content of the ash in the sample will, if this is the case, be a matter of great difficulty, as we have as yet no experimental data in regard to the subject, and know consequently nothing of the direction in which the mineral matter is liable to move. It is, however, evident from the above that it is a faulty manner of proceeding to calculate the components of the siloed fodder from a single analysis,*

---

[1]) Fifth annual report etc. S. 73.

[2]) Berechnet von dem Referenten. Die Zahlen des Verfassers für den prozentischen Aschenverlust (36. Bd., S. 166) sind durchweg falsch.

*on basis of the supposition that the ash constituents remain unchanged. Where there is no leakage, the same quantity of mineral matter will be in the silo at the end of the siloing period as before; but a single analysis will not, as a rule, indicate the true quantity of the ash component of the silo. What has been said above has only reference to the mineral matter and does not effect*[1]) *the reliability of the sampling as regards the other constituents of the fodder in a similar degree, since the ash is the only component subject to such translocation and since it is present in but small quantities.*"

Also, die aus WOLLS Analysen sich ergebenden Verluste an Mineralstoffen, welche bis 21 % betragen, werden einfach zurückgeführt auf mangelhafte Probenahme, welche dem Ortswechsel der löslichen Aschenbestandteile nicht Rechnung trug. Aber die Mineralstoffe sollen einzig und allein solchem Ortswechsel in der Miete unterworfen sein!! Sind denn Mineralstoffe die einzig löslichen Bestandteile des grünen und des eingesäuerten Futters? — Ein Chemiker, der es unternimmt, die auf dreifach verschiedenem Wege erlangten Ergebnisse eines Anderen auf ihre Richtigkeit zu prüfen, sollte sich doch zunächst mit den einfachsten Verhältnissen der Löslichkeit der von ihm zu bestimmenden Verbindungen vertraut machen, bevor er an die Arbeit geht!

Ähnliche Fehler sind von WOLL auch in seinen Untersuchungen mit Maiskörnern gemacht worden. Hier ist die Einsäuerung nicht von ihm selbst, sondern von Privatleuten ausgeführt worden, welche auf sein Ansuchen einige eingesäuerte Maiskolben nebst getrocknetem reifem Mais einsandten, „welcher ungefähr zur selben Zeit geerntet wurde, als die Silos gefüllt wurden." WOLL bestimmte darin das Gewicht einer Anzahl Körner und deren Zusammensetzung und berechnet daraus die Verluste, welche in den Mieten stattgefunden haben sollen. Ganz abgesehen davon, dass diese Art der Materialbeschaffung nicht die geringste Gewähr für die Gleichartigkeit der reifen und der eingesäuerten Proben bietet, ist ganz übersehen, dass die porösen Spindeln der Maiskolben vorzüglich dazu geeignet sind, lösliche Verbindungen, worunter auch stickstoffhaltige, aus den Körnern aufzunehmen

[1]) Soll wahrscheinlich heissen „*affect*".

Die gesäuerten Körner weisen denn auch im Durchschnitt von 7 Proben[1]) einen Verlust von 32.1 %[2]) der ursprünglich vorhandenen Mineralstoffe auf, welche einfach aus denselben ausgepresst und von dem anderen Material aufgesogen worden sein müssen.

Die vorgeführte Besprechung der Untersuchungen WOLL's dürfte zur Genüge dargethan haben, dass dieselben mit groben Fehlern in der Probenahme behaftet sind, insofern als der Beweglichkeit der löslichen stickstoffhaltigen Stoffe in den Mieten in keinem einzigen Fall Rechnung getragen worden ist. Sämtliche Versuche des Genannten haben für die Beurteilung der Verluste, welche die Futtermittel in Mieten erleiden, keinerlei Bedeutung.

Was endlich noch den Umstand anbelangt, dass WOLL nur in 3 von 12 (von ihm als zuverlässig angenommenen) Fällen nennenswerte Verluste an Stickstoff durch Dissoziation von Ammoniaksalzen beim Trocknen fand, so liegt der Grund dafür zum Teil in der niedrigen Temperatur, bei welcher das frische Sauerfutter getrocknet wurde[3]), zum Teil in den bereits weiter oben angegebenen Verhältnissen. Dass die Salpetersäure der Futtermittel geringe Verluste an Stickstoff bedingen kann — wofür WOLL einen Ausspruch E. SCHULZE's[4]) zitiert — ist von dem Einen von uns bereits vor 9 Jahren nachgewiesen worden[5]), indem von 0.502 % der in der Trockensubstanz frischer Runkelrübenblätter enthaltenen Salpetersäure in dem aus denselben bereiteten Sauerfutter keine Spur wiederzufinden war.

---

[1]) In dem angegebenen amerikanischem Bericht sind 9 Proben angegeben.

[2]) Infolge eines Subtraktionsfehlers (diese Zeitschr. l. c., S. 173) berechnet WOLL einen Verlust von 34.25 %.

[3]) WOLL scheint bei 60° C. getrocknet und nur in einem Fall höhere Temperatur angewendet zu haben.

[4]) Diese Zeitschrift, 35. Bd. 1888, S. 205, Anm 5.

[5]) Ebendaselbst 26. Bd., 1880, S. 454.

## XV. Fütterungsversuche mit Schafen.
## Die Zusammensetzung und Verdaulichkeit des Reisstrohes.

Von

Dr. O. KELLNER.

---

Das Stroh des Sumpf-, wie des Bergreises wird zur Fütterung von Pferden und Rindern vielfach benützt und scheint sich, seinem äusseren Habitus nach zu urteilen, recht wohl zu diesem Zweck zu eignen. Da über den Nährwert desselben indessen noch nichts bekannt war, so haben wir mit dem Stroh der beiden Hauptvarietäten, nämlich des Sumpf- und Bergreises je einen Ausnützungsversuch angestellt.

Die Versuchstiere, zwei ausgewachsene Southdownböcke, erhielten von dem etwas spät geernteten, zu Häksel geschnittenen Stroh des Sumpfreises pro Kopf und Tag 600 g nebst 10 g Kochsalz. Tier No. 2 verzehrte diese Ration fast vollständig, Tier No. 1 liess dagegen kleine Rückstände und entleerte ausserdem auffallend breiige Faeces. Wasser wurde ad libitum gereicht. Nach 6tägiger Vorfütterung wurde der Darmkoth während 8 aufeinanderfolgender Tage mittelst Kothbeutels im Zwangsstalle gesammelt und aliquote Teile ($^1/_{10}$) davon für die Analyse abgewogen.

Die Menge des nicht verzehrten Strohes und der Faeces, sowie das Lebendgewicht, sind für die Dauer des Hauptversuchs in folgender Tabelle zusammengestellt:

| | Tier No. 1. | | | Tier No. 2. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Futterrückstände g | Faeces g | Lebend-Gewicht kg | Futterrückstände g | Faeces g | Lebend-Gewicht kg |
| 1885. 24. November | 42.5 | 595.5 | 42.1 | 11.0 | 486.0 | 37.6 |
| 25. „ | 18.0 | 526.0 | 41.8 | 8.0 | 433.0 | 37.9 |
| 26. „ | 38.0 | 505.0 | 41.8 | 0.7 | 344.0 | 37.6 |
| 27. „ | 54.5 | 1270.5 | 41.6 | 2.0 | 591.0 | 37.3 |
| 28. „ | 47.5 | 1088.5 | 40.6 | 3.5 | 785.5 | 37.1 |
| 29. „ | 111.0 | 1431.0 | 40.0 | 1.0 | 612.5 | 36.8 |
| 30. „ | 51 0 | 1320.5 | 40.0 | 0. | 626.0 | 36.8 |
| 1. December | 3.0 | 1054.0 | 39.4 | 0.5 | 675.0 | 37.3 |
| pro Tag | 45.75 | 973.9 | | 3.3 | 566.9 | — |

Die prozentische Zusammensetzung des Futters, der Rückstände und der Faeces war folgende:

| | Stroh | Stroh-Rückstände | Faeces Tier No. 1. | Faeces Tier No. 2. |
|---|---|---|---|---|
| Wasser . . . . . . | 20.79 | 25.36 | 72.97 | 55.71 |
| In der Trockensubstanz | | | | |
| Rohprotein . . . . . | 6.80[1] | 5.53 | 6.27 | 6.77 |
| Rohfett . . . . . . | 2.17 | 0.84 | 2.41 | 2.22 |
| Rohfaser . . . . . . | 48.68 | 52.37 | 36.21 | 36.09 |
| Stickstofffr. Extraktstoffe | 24.80 | 22.54 | 28.18 | 29.04 |
| Reinasche (incl. Sand) . | 17.55 | 18.72 | 26.93 | 25.88 |

Die Menge der täglich verzehrten und verdauten Nährstoffe wird aus Nachstehendem ersichtlich:

| | Trocken-substanz g | Organ. Substanz g | Roh-protein g | Rohfett g | Rohfaser g | Stickstofffr. Extraktstoffe g |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tier No. 1. | | | | | | |
| Vorgelegt . . . . . . | 475.26 | 391.85 | 32.32 | 10.31 | 231.36 | 117.86 |
| Nicht verzehrt . . . . | 34.15 | 27.26 | 1.89 | 0.29 | 17.88 | 7.70 |
| Verzehrt . . . . . . | 441.11 | 364.59 | 30.43 | 10.02 | 213.48 | 110.16 |
| Ausgeschieden . . . . | 263.24 | 192.35 | 16.51 | 6.32 | 95.32 | 74.20 |
| Verdaut . . . . . . . | 177.87 | 172.24 | 13.92 | 3.70 | 118.16 | 35.96 |
| Tier No. 2. | | | | | | |
| Vorgelegt und verzehrt . | 475.26 | 391.85 | 32.32 | 10.31 | 231.36 | 117.86 |
| Ausgeschieden . . . . | 251.06 | 186.10 | 17.00 | 5.57 | 90.62 | 72.91 |
| Verdaut . . . . . . . | 224.18 | 205.75 | 15.32 | 4.74 | 140.74 | 44.95 |

In Prozenten der gleichnamigen Bestandteile wurde verdaut:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| von Tier No. 1 . . . . | 40.55 | 47.24 | 45.68 | 36.93 | 55.35 | 32.66 |
| von Tier No. 2 . . . . | 47.17 | 52.51 | 47.40 | 45.97 | 60.84 | 38.15 |
| Im Durchschnitt . | 43.86 | 49.88 | 46.54 | 41.45 | 58.10 | 35.41 |

Dass das Tier No. 1 erheblich weniger verdaute, als No. 2, dürfte wohl auf Verdauungsstörungen zurückzuführen sein, da bei diesem Tier etwa in der Mitte der Hauptperiode die Fresslust plötzlich nachliess und Faeces von sehr wässriger Beschaffenheit entleert wurden.

Versuche über die Verdaulichkeit des Strohes von Bergreis wurden in derselben Weise und zur selben Zeit ausgeführt, wie die obigen. Die beiden Tiere, No. 1 ein Southdown- und No. 2 ein Merino-Bock, erhielten pro Tag und Kopf 750 g luft-

[1] Nicht-Eiweissstickstoff 0.88 %.

trockenes Strohhäcksel nebst Kochsalz. Während der Hauptperiode wurden folgende Zahlen für die Futterrückstände, die Kothausscheidung und das Lebendgewicht erhalten.

| | Tier No. 1. | | | Tier No. 2. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Strohrückstände g | Faeces g | Lebend-Gewicht kg | Strohrückstände g | Faeces g | Lebend-Gewicht kg |
| 1885. 20. November . | 41.5 | 918.0 | 37.5 | 272.2 | 432.0 | 21.8 |
| 21. „ . | 36.0 | 713.3 | 38.0 | 333.5 | 532.0 | 22.5 |
| 22. „ . | 185.0 | 1097.5 | 37.0 | 335.0 | 508.0 | 21.7 |
| 23. „ . | 161.0 | 972.5 | 37.5 | 388.5 | 463.1 | 21.5 |
| 24. „ . | 184.5 | 1050.0 | 37.0 | 416.0 | 467.0 | 21.0 |
| 25. „ . | 364.5 | 584.0 | 36.5 | 380.0 | 394.7 | 21.0 |
| 26. „ . | 297.5 | 867.5 | 35.5 | 435.0 | 384.5 | 21.0 |
| 27. „ . | 149.5 | 877.5 | 36.0 | 303.0 | 408.5 | 20.9 |
| pro Tag . | 177.5 | 884.5 | — | 357.9 | 448.7 | — |

Die prozentische Zusammensetzung des Futters, der Strohrückstände und der Faeces war folgende:

| | Stroh | Strohrückstände. Tier No. 1. | Strohrückstände. Tier No. 2. | Faeces. Tier No. 1. | Faeces. Tier No. 2. |
|---|---|---|---|---|---|
| Wasser . . . . . . . . | 10.33 | 14.00 | 13.01 | 65.29 | 50.35 |
| In der Trockensubstanz | | | | | |
| Rohprotein . . . . . | 6.75 | 6.42 | 6.57 | 6.20 | 6.50 |
| Rohfett . . . . . . . . | 2.16 | 2.02 | 1.88 | 1.79 | 1.86 |
| Rohfaser . . . . . . . | 40.35 | 39.26 | 40.68 | 30.80 | 28.68 |
| Stickstofffreie Extraktstoffe | 32.14 | 35.20 | 33.46 | 36.66 | 36.11 |
| Reinasche (incl. Sand). . | 18.60 | 17.10 | 17.42 | 25.54 | 26.85 |

Die Menge der verzehrten, ausgeschiedenen und verdauten Futterbestandteile wird aus nachstehendem ersichtlich:

| | Trockensubstanz g | Organ. Substanz g | Rohprotein g | Rohfett g | Rohfaser g | Stickstofffr. Extraktstoffe g |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tier No. 1. | | | | | | |
| Vorgelegt . . . . . . . | 672.52 | 547.45 | 45.40 | 14.52 | 271.38 | 216.15 |
| Nicht verzehrt . . . . | 152.72 | 126.61 | 9.80 | 3.09 | 59.96 | 53.76 |
| Verzehrt . . . . . . . | 519.80 | 420.84 | 35.60 | 11.43 | 211.42 | 162.39 |
| Ausgeschieden . . . . | 307.28 | 231.84 | 19.05 | 5.50 | 94.64 | 112.65 |
| Verdaut . . . . . . . . | 212.52 | 189.00 | 16.55 | 5.93 | 116.78 | 49.74 |
| Tier No. 2. | | | | | | |
| Vorgelegt . . . . . . . | 672.52 | 547.45 | 45.40 | 14.52 | 271.38 | 216.15 |
| Nicht verzehrt . . . . | 316.27 | 261.19 | 20.78 | 5.93 | 128.66 | 105.82 |
| Verzehrt . . . . . . . | 356.25 | 286.26 | 24.62 | 8.59 | 142.72 | 110.33 |
| Ausgeschieden . . . . | 222.75 | 162.93 | 14.48 | 4.13 | 63.88 | 80.44 |
| Verdaut . . . . . . . . | 133.50 | 123.13 | 10.14 | 4.46 | 78.84 | 29.89 |

In Prozenten der einzelnen Bestandteile wurden hiernach verdaut:

| | Trocken-substanz g | Organ. Substanz g | Roh-protein g | Rohfett g | Rohfaser g | Stickstofffr. Extraktstoffe g |
|---|---|---|---|---|---|---|
| von Tier No. 1 . . . . . | 40.88 | 44.99 | 46.49 | 51.88 | 55.24 | 30.62 |
| von Tier No. 2 . . . . . | 37.47 | 43.07 | 41.19 | 51.92 | 55.24 | 27.09 |
| Im Durchschnitt . | 39.18 | 44.03 | 43.84 | 51.90 | 55.24 | 28.86 |

Im Vergleich zu anderen Stroharten darf man nach diesen Ergebnissen sowohl das Stroh des Sumpfreises, als das des Bergreises, zu den besten Futtermitteln dieser Art zählen. Ihr Gehalt an verdaulichen Nährstoffen übertrifft selbst den des Haferstrohes, indem nach obigen Versuchen folgende Nährstoffmengen in verdaulicher Form in denselben enthalten sind.

| | Sumpfreis-stroh. | Bergreis-stroh. |
|---|---|---|
| Rohprotein . . . . . . . | 3.2 | 3.0 |
| Kohlehydrate . . . . . . | 36.1 | 31.6 |
| Rohfett . . . . . . . . | 0.9 | 1.1 |

Das Stroh des Sumpfreises scheint hiernach einen etwas höheren Nährwert zu haben, als das des Bergreises. Frühzeitige Ernte würde die Qualität beider Stroharten noch erhöhen.

Tokio, August 1889.

# Verhandlungen des Verbandes landwirtschaftlicher Versuchs-Stationen im Deutschen Reiche

**in der Aula des Gymnasiums zu Speier am 16. September 1889.**

---

## Präsenzliste.

**Mitglieder:**

Dr. M. Barth, Rufach.
Prof. Dr. J. Brümmer, Jena.
Prof. Dr. Th. Dietrich, Marburg.
Dr. B. Dietzell, Augsburg.
Prof. Dr. A. Emmerling, Kiel.
Prof. Dr. M. Fleischer, Bremen.
Prof. Dr. H. Fresenius, Wiesbaden.
Dr. A. Halenke, Speier.
Prof. Dr. R. Heinrich, Rostock
Prof. Dr. H. Hellriegel, Bernburg.
Geh. Reg.-Rat W. Henneberg, Göttingen.
Prof. Dr. W. Hoffmeister, Insterburg.
Dr. G. Klien, Königsberg.
Prof. Dr. U. Kreusler, Poppelsdorf.
Prof. Dr. G. Kühn, Möckern.
Prot. Dr. M. Maercker, Halle.
Geh. Hofrat J. Nessler, Karlsruhe.
Geh. Hofrat F. Nobbe, Tharand.
Dr. Th. Pfeiffer, Göttingen.
Dir. Dr. Schreiner, Triesdorf.
Prof. Dr. H. Schultze, Braunschweig.
Prof. Dr. M. Siewert, Danzig.
Prof. Dr. F. Soxhlet, München.
Prof. Dr. R. Ulbricht, Dahme.
Prof. Dr. E. v. Wolff, Hohenheim.

**Gäste:**

Exzellenz Paul von Braun, Staatsrat und Regierungs-Präsident.
Dr. Grete, Zürich.
Kreissekretär Hauter, Speier.
Prof. Dr. Ad. Mayer, Wageningen.
Kreis-Kulturingenieur Merl, Speier.
Dr. W. Möslinger, Speicr.
Dr. A. Pfülf, Speier.
H. Scheidemandl, Landshut.
Ökonomierat Velten, Speier.

Eröffnung der Sitzung um 9¼ Uhr durch den Vorsitzenden des Ausschusses, Geh. Hofrat Prof. Dr. Nobbe, Tharand.

Der Vorsitzende erinnert zunächst an den Verlust, welchen der Verband im verflossenen Jahre durch den Tod eines langjährigen treuen Mitarbeiters, Professor Eduard Heiden in Pomm-

ritz, erlitten hat. Er habe dem verstorbenen Freunde und Kollegen im Namen des Verbandes einen Abschiedsgruss in die Gruft nachgerufen und einen Palmzweig auf das Grab niedergelegt und ersuche die Versammlung, ihrem ehrenden Gedächtnis des Verstorbenen durch Erheben von den Sitzen Ausdruck zu geben. Dies geschieht.

Zu Protokollführern werden Dr. Möslinger und Dr. Pfeiffer ernannt.

Nachdem der Vorsitzende noch über die inzwischen erfolgte formelle Erledigung der beiden vom Kongresse deutscher Landwirte und von der deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft eingebrachten Eingaben, betreffend Futterkonservierung und Stickstoffaufnahme, berichtet, die anwesenden Mitglieder und Gäste, insbesondere den Herrn Stadt-Adjunkten, Ökonomierat Velten, und die Vertreter ausserdeutscher Versuchs-Stationen: Dr. Grete, Zürich, und Professor Ad. Mayer, Wageningen, begrüsst hat, bewillkommnet Herr. Ökonomie-Rat Velten die Versammlung im Namen der Stadt Speier, welche es sich zur Ehre anrechne, für dieses Jahr zum Versammlungsort auserkoren zu sein.

Die Versammlung tritt nunmehr in ihre Geschäfte ein. Zu

Punkt 1 der Tagesordnung:

**Erledigung der Rechnung für 1887/88; Vorlage der Rechnung für 1888/89. Feststellung des Beitrages für 1889/90.**

bemerkt als Berichterstatter der Vorsitzende, dass die Rechnung für 1887/88 den erwählten Revisoren zur Prüfung vorgelegt und von ihnen richtig befunden sei; er ersucht die Versammlung, diese Rechnung als erledigt zu bezeichnen. (Geschieht.)

Die Rechnung für 1888/89 wird vorgelegt und zur Durchsicht derselben wiederum die Herren Schultze und Kreusler erwählt.

Was den Beitrag für 1889/90 anlangt, so sei der Ausschuss schlüssig geworden, da sich für das Rechnungsjahr 1888/89 ein Defizit ergeben habe, denselben auf Mk. 25 festzusetzen. Die Versammlung erklärt sich damit einverstanden.

Punkt 2.

**„Welche Fabrikate dürfen mit dem Namen „Knochenmehl“ bezeichnet werden?“**

Prof. Dr. Kühn referiert über die inzwischen stattgehabten Verhandlungen der zu dieser Frage gewählten Kommission. Derselben gehören nach dem Tode Heiden's, und nachdem König den Eintritt abgelehnt hatte, Emmerling, G. Kühn, Soxhlet, Stutzer an, welche Herren zunächst am 5. Mai 1889 in Göttingen zusammentraten. Daselbst wurde die Frage noch nicht für spruchreif erklärt; es wurde vielmehr die Besichtigung einiger bedeutenden Fabriken, sowie die Zuziehung technischer Sachverständiger zu einer Versammlung in Speier beschlossen. Letztere hat gestern stattgefunden, und nahmen an derselben Emmerling, G. Kühn, Soxhlet und als technischer Sachverständiger Herr Scheidemandl-Landshut teil. Nach den gepflogenen Verhandlungen gestaltet sich die heutige Fabrikation des zu Düngezwecken verwendeten Knochenmehles wie folgt. Die Knochen aller Art werden zunächst sortiert und von zufälligen Beimengungen, sowie namentlich von Hufen, Klauen, Hörnern etc. nach Möglichkeit befreit und alsdann unter Anwendung flüchtiger Lösungsmittel entfettet. Die entfetteten Knochen gelangen, nachdem sie bisweilen in rotierenden Trommeln durch Reibung weiter gereinigt, meist aber direkt auf die Stampfwerke; es entfällt durch Abstampfen zunächst ein die Hauptmasse der anhängenden knorpeligen, häutigen und fleischigen Bestandteile enthaltendes Mehl, welches Referent der Kürze wegen mit der Bezeichnung „Putzmehl" belegen will, und gröberes Schrot, welches zur weiteren Vorbereitung für die Zwecke der Leim-, bezw. Knochenkohlenfabrikation noch weiter gestampft wird. Aus den feinen, für jene Zwecke unbrauchbaren Schroten resultiert durch Mahlung ein „Griesmehl" genanntes Produkt, welches unter Umständen mit dem erwähnten „Putzmehl" wieder vereinigt wird. Jenes Putzmehl, bezw. dieses Gemisch gelangt als rohes Knochenmehl in den Handel und enthält also die den Knochen ursprünglich anhaftenden Verunreinigungen (Flechsen, Blut, Hornteile u. s. w.) in wesentlich konzentrierter Form.

Das zur Leimgewinnung verwendete Knochenschrot liefert dann das sogen. entleimte Knochenmehl, welches selten direkt, sondern meist im Gemische mit stickstoffreicherem ungedämpftem Mehle in den Handel kommt.

Bei der in der Kommission stattgehabten Diskussion ergab sich, dass vor allem der Begriff „reines Knochenmehl" festzu-

stellen sei und namentlich eine Einigung darüber erzielt werden müsse, was unter „fabrikmässiger Reinigung" zu verstehen sei. In dieser Hinsicht sind innerhalb der Kommission zwei Ansichten unvermittelt einander gegenübergetreten, die in den respektiven Anträgen zum Ausdruck gelangten. Der Antrag der Majorität, vertreten durch EMMERLING und SOXHLET, lautete:

**„Als Knochenmehl ist nur dasjenige Mehl zu bezeichnen, welches aus fabrikmässig gereinigten Knochen oder Teilen derselben ohne jeden anderweitigen Zusatz und nur unter Entnahme von Fett und Leim hergestellt ist.**

**„Unter fabrikmässiger Reinigung ist zu verstehen das sorgfältige Aussortieren der Knochen von Hufen, Klauen, Hörnern und anderen Hornteilen, Wolle sowie andern Beimengungen nicht tierischen Ursprungs."**

Der Antrag der Minorität dagegen, welche nur aus dem Referenten, Prof. KÜHN, besteht, hatte den Wortlaut:

**„Als Knochenmehl ist nur dasjenige Mehl zu bezeichnen, welches aus fabrikmässig gereinigten Knochen oder Teilen derselben ohne jeden anderweitigen Zusatz und nur unter Entnahme von Fett und Leim hergestellt ist. Unter fabrikmässiger Reinigung soll nicht blos die sorgfältige Aussortierung von Hufen, Klauen, Hörnern und anderen Hornteilen, Wolle, sowie anderen Beimengungen nicht tierischen Ursprungs, sondern auch die weitere Behandlung der Knochen verstanden werden, soweit sie dazu dient, dieselben für die Fabrikation von Leim bezw. Knochenkohle vorzubereiten."**

Referent giebt nunmehr der Versammlung anheim, sich für den einen oder andern Standpunkt zu entscheiden, nachdem die Begründung der einzelnen Anträge durch die Antragsteller erfolgt sein werde.

In der nun folgenden Diskussion erhält zunächst

Prof. EMMERLING das Wort zur Darlegung der seinerseits auf dem Gebiet der Knochenmehlfabrikation gewonnenen Erfahrungen.

„Die Fabrik verarbeitet grossenteils inländische (inkl. dänischer) Knochen auf Knochenkohle und Knochenmehl, ausserdem auch Laplata-Knochen.

Die Verarbeitung der Laplata-Knochen gestaltet sich sehr einfach, da dieselben durch die Lagerung ihren Fettgehalt grossenteils eingebüsst haben. Das Rohmaterial sieht weiss bis grauweiss aus, anhängende Teile sind wenig vorhanden, vielleicht während der Lagerung durch Fäulnis, Insekten etc. zerstört. Der Stickstoffgehalt beträgt etwas weniger als 4 %. Die Verarbeitung besteht in Dämpfen (2 Stunden bei 160°), Stampfen und Mahlen.

Viel weniger rein sieht das Rohmaterial der inländischen Knochen aus. Die Farbe ist schmutzig-grau bis braun, viele anhaftende Teile sind bemerkbar.

Aus diesem Material wird Knochenkohle und das Knochenmehl fabriziert, letzteres mit einem garantierten Gehalt von 20 % Phosphorsäure und 5 % Stickstoff. Das Knochenmehl bildet hier gewissermassen ein Nebenprodukt der Knochenkohlenfabrikation. Wir schildern im Folgenden kurz den Gang derselben:

Was das Rohmaterial betrifft, so enthält dasselbe manches fremdartige, und wird daher zuerst eine Sortierung der Knochen vorgenommen, welche durch Frauen besorgt wird. Hierbei werden ausgeschieden und in Körben für sich gesammelt: Eisen, Lumpen, Horn resp. Hufe, Klauen etc. — Die Hörner für sich, grössere Knochen mit Hufen, Klauen behufs Abtrennung, Schmutz und Staub, Erde, schliesslich die zur Bearbeitung geeigneten Knochen selbst.

Diese Aussortierung ist die einzige Reinigung, welche das Rohmaterial erfährt.

Vielen dieser Knochen haftet noch etwas Haut, Haare, Hornteile, Bindegewebe als Sehnen und Membranen an. Derartige Knochen auszuschliessen, würde mit einem zu grossen Verlust verbunden sein. Die für sich gesammelten Hörner werden mechanisch zerlegt in die äussere Hornschale, welche mit dem übrigen Horn verarbeitet wird, und den inneren porösen Kern, das sog. Perkhorn, welches einen Stickstoffgehalt von ca. 10 % und Phosphorsäuregehalt von ca. 6 % besitzen soll. Das Perkhorn wird für sich verarbeitet und dient schliesslich als Zusatz bei der Herstellung von aufgeschlossenem Knochenmehl. Sämtliches Horn wird für sich gedämpft und gemahlen, und als Hornmehl verkauft oder den „aufgeschlossenen Knochenmehlen mit stickstoffhaltigen Zusätzen" hinzugefügt.

Der weitere Gang der Knochenmehlfabrikation ist nun der folgende.

Die Knochen werden in dem Knochenbrecher durch geriffelte Walzen gebrochen, dann mit Benzin in grossen Digestoren entfettet und schliesslich nach dem Abtreiben des Benzins noch mit überhitztem Wasserdampf von 250—300° eine Viertelstunde lang gedämpft. Dieses Material wird dann auf dem Stampfwerk zerkleinert, in welchem es sich durch die Erschütterung von einer Stampfe zur andern vorwärts bewegt. Die zerkleinerten Knochen werden hierauf durch ein rotierendes Sieb mit 6 verschiedenen Maschenweiten in eben so viele verschiedene Körnungsgrade zerlegt. Die 5 ersten Abteilungen des Siebes liefern die 5 Sorten Knochenschrot I bis V, I bildet die gröbste Numer, IV wird auch als Grand, V als Gries bezeichnet.

Derjenige Anteil, welcher nach einmaligem Stampfen durch das feinste (sechste) Sieb hindurch fällt, wird gemahlen auf dem französischen Mahlgang und in der Fabrik als „Knochenmehl" bezeichnet. Das Knochengries (Sieb No. V) wird ebenfalls gemahlen und liefert das sog. Schrotmehl. Die gewonnenen Knochenschrote kommen ein zweitesmal auf das Stampfwerk, jedoch jeder Körnungsgrad für sich, weil hierdurch die Zerkleinerung erleichtert wird.

Der Siebprozess liefert dann abermals Schrote und Gries, welch letzteres wieder zu Schrotmehl verarbeitet wird.

Von den gewonnenen Knochenschrotsorten dient ein Teil zur Herstellung der Knochenkohle, auf welche Fabrikation wir hier nicht näher eingehen. Alles hierzu nicht verwendete Schrot wird gestampft und liefert schliesslich Schrotmehl.

Die Fabrik bereitet nun das Knochenmehl des Handels zu Düngungszwecken durch Vermischung der in der Fabrik als „Knochenmehl" und als „Schrotmehl" bezeichneten Produkte. Derzeit wurden ungefähr 2 Teile Knochenmehl mit 1 Teil Schrotmehl vermischt, wodurch sich die erwünschte Zusammensetzung 20 + 5 erzielen liess. Denn nach der mir vorliegenden Fabrikanalyse zeigte das Knochenmehl einen Gehalt von 5.04 resp. 4.96 N und 18.98 resp. 19.27 $P_2O_5$, das Schrotmehl einen solchen von 4.92 resp. 5,06 N und 23.45 resp. 21.86 $P_2O_5$. Die Mischung im Verhältnis von 2 : 1 liefert also ein Knochenmehl von annähernd 20 + 5.

Hiernach ist das „Schrotmehl" hinsichtlich seines Stickstoffgehaltes dem „Knochenmehl" sehr ähnlich zusammengesetzt, während das dagegen ca. 3 % reicher ist an Phosphorsäure, als dieses.

Stickstoffärmere Knochenmehle werden in der Fabrik aus Laplata-Knochen oder ähnlichem Knochenmaterial angefertigt, oder durch Vermischung des daraus produzierten Knochenmehls mit dem stickstoffreicheren Knochenmehl, wie es als Nebenprodukt der Knochenschrotfabrikation abfällt.

Bei der oben beschriebenen Fabrikation von stickstoffreichem (5 %) Knochenmehl aus inländischen Knochen werden irgendwelche stickstoffreiche Zusätze nicht gemacht. Horn wird für sich verarbeitet schon deshalb, weil es rentabler ist. Der Fabrikant äusserte, er strebe nicht etwa darnach, ein Rohmaterial zu gewinnen mit reichlicheren Fleischanhängseln, weil solches Material in der Regel feucht sei, gedorrt werden müsse, da es sich sonst schlecht entfette.

Die Rentabilität der Fabrikation zwinge gegenwärtig dazu, die betr. fremden Anhängsel auf ein möglichst geringes Mass zu beschränken."

An diese Darlegung des Ganges der Fabrikation knüpft der Berichterstatter noch folgende Betrachtung, welche sich zum Teil auf die Untersuchung der in der Fabrik gewonnenen Zwischenprodukte stützt.

„Da viele Fabriken in ganz ähnlicher Weise, wie hier geschildert, arbeiten, so erkennt man, dass das heutige Knochenmehl zum vielleicht grössten Teil dargestellt wird als ein Nebenprodukt der Knochenkohlenfabrikation. Aus der Art der Fabrikation erklärt sich der relativ hohe Stickstoffgehalt des Endproduktes. Durch das Sieben findet nicht allein eine mechanische Zerlegung, sondern gleichzeitig in gewissem Grade eine Entmischung statt. Die härteren kompakteren Knochenbruchstücke bleiben in den gröberen Schrotsorten, während die leichter pulverisierbaren Anteile entweder sofort als „Knochenmehl" gemahlen, oder zunächst als Gries gesammelt und dann zu „Schrotmehl" vermahlen werden. Der grössere Teil der stickstoffreichen Anhängsel entfällt schon bei der ersten Stampfung als Bestandteil des sog. „Knochenmehls". Hierdurch erklärt sich zum Teil der hohe Gehalt dieses letzteren an Stickstoff und an haut- und hornartigen Teilen, welche leichter als Chloroform sind.

Die Bestimmung einer solchen Probe, welche ich direkt in der Fabrik entnahm, ergab: Stickstoff = 5.12 %, durch Chloroform abschlämmbare Teile = 9.13 %.

Es erklärt sich nun auch, dass man den Gehalt an Stickstoff, wie an Teilchen, welche leichter sind, als Chloroform, zunehmen sieht, wenn man von den gröberen zu den feineren Schrotsorten übergeht, da die leichter pulversierbaren Anteile der Knochen relativ am reichsten sind, an ersteren wie an letzteren.

Dies wird durch folgende kleine Untersuchung bestätigt, welche durch den Assisenten unserer Versuchs-Station, Herrn Dr. Bacher, mit Schrotproben der Fabrik ausgeführt wurden, nachdem dieselben behufs Analyse fein pulversiert worden waren.

| | | Stickstoff Proz. | Mittel. | | Durch Chloroform abschlämmbar Proz. | Mittel. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Knochenschrot I. | a) | 4.29 | 4,29 | a) | 1.48 | 1,56 |
| (gröbste Sorte) | b) | 4.29 | | b) | 1.63 | |
| Knochenschrot II. | a) | 4.20 | 4,22 | a) | 1.21 | 1,29 |
| | b) | 4.23 | | b) | 1.37 | |
| Knochenschrot IV. | a) | 4.84 | 4,84 | a) | 6.76 | 6,59 |
| (Grand) | b) | 4.84 | | b) | 6.42 | |
| Knochenschrot V. | a) | 5.27 | 5,36 | a) | 10.34 | 10,15 |
| (Gries) | b) | 5.45 | | b) | 9.96 | |

Der Knochengries, durch dessen Vermahlung das sog. Schrotmehl hergestellt wird, ist jedoch nicht immer so reich an durch Chloroform abschlemmbaren Teilen. Denn eine Probe Schrotmehl, direkt vom Lager entnommen, ergab:

| | Stickstoff | Mittel, | | Durch Chloroform abschlemmbar | Mittel |
|---|---|---|---|---|---|
| a) | 5.15 | 5,09 % | a) | 5.60 | 5,28 |
| b) | 5.03 | | b) | 4.95 | |

Hiernach entstammt also das Knochenmehl derjenigen Fabriken, welche Knochenkohle herstellen, vorwiegend von denjenigen Teilen des Knochenmaterials, welche sich nach der Entfettung leichter zersplittern und pulverisieren lassen. Allerdings gelangen aus diesem Grunde die mannigfachen unvermeidlichen Anhängsel der Knochen, wie Sehnen, Fleisch, Haut etc. in das Endprodukt, das Knochenmehl des Handels. Wenn hierin ein gewisser Nachteil zu erkennen ist, weil der den letztgenannten Teilen entstammende Stickstoff der eigentümlichen molecularen Verwachsung mit dem Kalkphosphat entbehrt, welche dem Grundgewebe der Knochen eigentümlich ist, so darf doch auch ein Vorzug hier nicht unerwähnt bleiben.

Zu dem leichter zerreiblichen Anteil der Knochen gehört auch das sog. „Knochenmark" oder richtiger gesagt: der schwammige Anteil vieler Knochen.

Da ich in der Literatur keine genügenden Daten über das Verhältnis der Zusammensetzung des spongiösen Anteils zu der kompakten Hülle der Röhrenknochen vorfand, so habe ich mich durch einen besonderen Versuch zu unterrichten gesucht. Ich nahm einen mit Benzin entfetteten Röhrenknochen und kratzte mit Hilfe eines Skalpells den schwammigen Anteil

heraus, liess dann auch die harte Schale pulverisieren, nachdem äusserliche Anhängsel entfernt worden waren.

Die Analyse, ausgeführt durch Herrn Dr. BACHER, ergab folgendes Resultat:

| | Teile desselben Knochens | |
|---|---|---|
| | a) Schwammiges aus dem Inneren | b) Äussere kompakte Schale |
| Wasser | 10.33 | 9,70 |
| Mineralstoffe (Glührückstand) | 50.05 | 59.45 |
| Organisches | 39.62 | 30.85 |
| Stickstoff | 5.60 | 4.63 |
| Phosphorsäure | 19.77 | 23.96 |

Daraus folgt, dass das Knochenmark reicher ist an Stickstoff und an organischer Materie, als die Knochenschale, und dass diese Materie, auch im schwammigen Teil der Knochen mit phosphorsaurem Kalk aufs innigste vereinigt ist. Da man nun gerade auf diese Vereinigung besonderes Gewicht legt, andererseits auch allgemein annimmt, dass ein Knochenmehl *ceteris paribus* um so wirksamer, je mehr organische Substanz resp. Leim es enthält, so kommt man zu dem Schluss, dass der von den schwammigen Knochenteilen herrührende Anteil des Knochenmehls einen besonders wertvollen Bestandteil desselben bildet.

Da nun nach der Natur der Knochenschrot- resp. Kohlenfabrikation fast der ganze schwammige Anteil in das Knochenmehl gelangt, und sich infolge der Ausscheidung der härteren Schrote darin in einem gewissen Grade konzentriert vorfindet, so darf hierin allerdings ein Vorzug gegenüber mancher andern Sorten von Knochenmehl erkannt werden.

Man erkennt ferner, dass der hohe Stickstoffgehalt der Knochenmehle derjenigen Fabriken, welche mit Benzin entfetten und Kohle herstellen, nicht allein von den unvermeidlichen Knochenanhängseln herrührt, sondern auch von dem relativ grösseren Anteil des leicht zerreiblichen schwammigen Knocheninhalts."

Schliesslich suchte der Berichterstatter noch Klarheit zu schaffen über die Frage, ob ein Düngemittel, welches in der oben beschriebenen Weise hergestellt wird, mit Recht als Knochenbezeichnet werden darf.

Der Referent möchte diese Frage bejahen. Denn dieses Produkt enthält keine andern Bestandteile, als solche, welche von aussortiertem Knochenrohmaterial herstammen. Dass die dem Rohmaterial auch nach dem Sortieren noch anhaftenden Sehnen, Haare, Häute u. s. w. schliesslich in das Düngemittel gelangen, ist nach dem Gang der Fabrikation unvermeidlich.

Es würde unbillig sein, das Auftreten dieser Nebenbestandteile, welches eine Folge der Fabrikationsmethode ist, als gleichbedeutend einem fremden Zusatz an Horn oder dergleichen hinstellen zu wollen. Denn jene Bestandteile stammen vom Rohmaterial, wie es wenigstens in Form inländischer Knochen nicht anders zu haben ist, sie bilden Teile des Rohmaterials auch noch nach dem Sortieren, und es ist daher berechtigt, sie auf Knochenmehl

zu verarbeiten, da der Fabrikant jene Anhängsel mit bezahlen muss, und keine andere Verwendung derselben möglich ist. Ferner ist zu beachten, dass der etwaige Nachteil des Vorkommens solcher Beimengungen doch zum Teil durch die oben erwähnte Gegenwart reichlicher Anteile von schwammiger Knochensubstanz kompensiert werden dürfte.

Angesichts dieser Erfahrungen habe sich Redner die Frage vorgelegt, ob ein auf die beregte Weise erhaltenes Knochenmehl unter dem Namen „Knochenmehl“ schlechtweg auf den Markt gebracht werden dürfe, und eine sorgfältige Überlegung habe ihn dazu geführt, diese Frage zu bejahen. Daher sein Standpunkt in der Kommission.

Prof. Soxhlet macht gleichfalls erläuternde Bemerkungen über den heutigen Stand der Knochenmehlfabrikation. Knochenmehl wird heute kaum mehr anders, denn als Nebenprodukt der Kohlen- und Leimfabrikation, hauptsächlich der letzteren, gewonnen. In der Anwendung des Seltzsam'schen Entfettungsverfahrens mittelst hochsiedenden Benzins und der damit zusammenhangenden Trocknung im Extraktor selbst, statt wie früher auf der Darre, ist die Ursache zu suchen für die veränderte Zusammensetzung des abfallenden Knochenmehles. Die im Extraktor getrockneten Knochen geben beim nachfolgenden Stampfen die äusseren anhangenden Teile, sowie das „Mark“, viel leichter ab, als dies früher der Fall war; daher der grössere Stickstoffgehalt des Abstampfmehles. Nun verlangen aber die Landwirte nach wie vor ein Knochenmehl von der durchschnittlichen Zusammensetzung der ganzen Knochen. Um solche Mehle liefern zu können, werden deshalb Mischungen vorgenommen von jenem Abstampfmehle mit dem stickstoffarmen und phosphorsäurereichen letzten Abfallpropukt der Leimfabrikation: dem sogenannten entleimten Knochenmehle. Die Herstellung solcher Gemische ist aus naheliegenden Gründen sicherlich etwas nicht Anzustrebendes; diese Produkte könnten viel eher unter den Begriff der Verfälschung fallen, als die unveränderten Stampfmehle. Und doch hat man jene Mischprodukte unbeanstandet passieren lassen, und muss sie tagtäglich passieren lassen, während das abgestampfte Knochenmehl ohne jede Beimischung als gemachtes, gefälschtes bereits thatsächlich bezeichnet wurde, wofür Beweise vorliegen. Damit motiviere sich sein Standpunkt, der in den von ihm und Kollegen Emmerling gestellten Antrage seinen Ausdruck finde.

Prof. Kühn erklärt, keineswegs gegen die Verwendung dieser Abstampfmehle eingenommen zu sein, er halte sie im Gegenteile für wertvolle Dünger, allein er könne seinen Standpunkt unter keinen Umständen aufgeben, wonach etwas, das die den Knochen anhaftenden Verunreinigungen in konzentrierter Form enthalte, wie dies bei dem von ihm der Kürze wegen als Putzmehl bezeichneten Abstampfprodukte ganz zweifellos der Fall sei, weder in der einen, noch in der anderen Weise dem als Knochenmehl schlechthin bezeichneten Produkte zugeführt werden dürfe. Ein als Knochenmehl zu bezeichnendes Produkt dürfe seiner Ansicht nach von den unvermeidlichen Unreinheiten nur soviel enthalten, als der verarbeiteten Knochenmenge entspreche. Nehme man in Form von Schrot einen ansehnlichen Teil dieser Knochenmenge weg, lasse aber den hierauf entfallenden Teil der Unreinheiten in das eigentliche Knochenmehl gelangen, so werde dies dadurch reicher an Unreinheiten und könne nicht mehr als reines Knochenmehl angesehen werden. So wenig sich gegen die hohe Brauchbarkeit derartiger stickstoffreicher Mehle als Düngemittel etwas einwenden lasse, so müsse doch, seiner Ansicht nach, verlangt werden, dass diese durch Nichtknochen geschehene Anreicherung in der Bezeichnung der Ware bestimmten Ausdruck finde, damit auch die mit der Sachlage nicht vertrauten Käufer erkennen könnten, dass ihnen nicht reines Knochenmehl, sondern ein Gemisch von Knochen und Nichtknochen angeboten werde. Von einer entsprechenden Bezeichnung solcher Mehle sei auch für den Verkäufer ein Nachteil gewiss nicht zu erwarten, da ihre Brauchbarkeit und ihr Wert als Düngemittel eben durchaus unanfechtbar sei.

Prof. Hoffmeister bemerkt, dass für die in seiner Provinz herrschenden Verhältnisse die Frage insofern ganz anders liege, als dort, wie er bestimmt wisse, in der That noch heute Mehl aus ganzen Knochen hergestellt und in den Handel gebracht werde.

Nach einigen weiteren Bemerkungen der Herren Grete, Schultze, Hoffmeister, Schreiner, Heinrich, Fresenius, welcher Letztere einen Ausweg darin findet, dass man die Bezeichnung „rein“ vermeidet, und nachdem Prof. Kühn aufs Neue seinen prinzipiellen Standpunkt gewahrt, der allerdings keine Rücksicht auf die Bequemlichkeit in der Stellungnahme seitens der Versuchs-Stationen übe, wird ein Antrag auf Schluss der Dis-

kussion angenommen. Bei der Abstimmung über den Antrag Kühn als den weitestgehenden fällt derselbe gegen 8 Stimmen von 24 Stimmberechtigten; für den Antrag Emmerling-Soxhlet ergeben sich 13 Stimmen, dagegen 8; 3 Stimmenthaltungen. Sonach ist keine Einigung erzielt, und es bleibt daher statutengemäss den einzelnen Stationen ihre Haltung zu der Frage freigestellt.

Dagegen wird der von der gesamten Kommission vorgeschlagene Absatz 2 der Resolution auf Antrag Schreiner's in folgender Fassung:

> **„Durch passende Zusätze zu der Benennung Knochenmehl ist zu kennzeichnen, ob das Mehl 1. von entfetteten unentleimten, 2. von entleimten oder 3. teilweise von entfetteten bezw. entleimten Knochen (Mischungen von 1 und 2) stammt“**

einstimmig angenommen.

(Inzwischen ist Staatsrath v. Braun, Exzellenz, Regierungspräsident der Pfalz und I. Vorstand des landwirtschaftlichen Kreiskomités für die Pfalz, erschienen, um den Verhandlungen beizuwohnen.)

Dem Beschlusse der Kommission für die Knochenmehlfrage gemäss, stellt Referent, Prof. Kühn, ferner den Antrag:

> **„Den Betrieb der Knochenmehlfabriken einer Untersuchung zu unterziehen in dem Sinne, ob es nicht gelinge, durch Aufstellung von Grenzzahlen die Frage zu entscheiden, wieviel in maximo Knochenmehl Bestandteile enthalten dürfe, die leichter, als Chloroform, und durch dieses abschlämmbar sind.“**

Dem Antrage wird durch Wahl einer Kommission für diesen Zweck Folge gegeben. Die Kommission setzt sich zusammen aus den Herren: Bretschnider, Dietriech, Emmerling, König, Schreiner, Schultze, Soxhlet, Stutzer. Es wird der Kommission das Recht gegeben, sich nach Bedürfnis zu verstärken.

## Punkt 3.

### Prüfung der Futtermittel auf Unverfälschtheit und Unverdorbenheit.

Der Berichterstatter, Geh. Reg.-Rat Henneberg, teilt mit, dass über diese Frage schon in der Ausschusssitzung zu Göttingen Verhandlungen stattgefunden haben. Es wurde dort allseitig als Bedürfnis anerkannt, dass der Unverdorbenheit und Unver-

fälschtheit der Futtermittel erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt werde. Hierzu ist vor allem Vergleichsmaterial erforderlich, und es empfehle sich zur Förderung dieser Sache nichts so sehr, als die Anlage von Mustersammlungen, wie sie Kollege NOBBE in Vorschlag bringen werde.

Geh. Hofrat NOBBE bemerkt ergänzend, dass es sich um eine Sammlung von etwa 60 Futtermitteln nebst deren Verfälschungen und etwa ebenso viele mikroskopische Präparate handle. Dr. UHLITZSCH, der botanische Assistent für die Futtermittelkontrole an der Versuchs-Station Möckern, habe sich bereit erklärt, die Anfertigung der erforderlichen Mustersammlungen zu übernehmen. Der Redner glaubt, dass die von diesem Herrn in Aussicht gestellten Präparate den Ansprüchen der Herren Kollegen wohl genügen werden. Der Preis einer solchen Sammlung würde sich auf 100 Mark stellen unter der Voraussetzung, dass eine grössere Anzahl von Stationen an der Abnahme sich beteilige.

Geh. Reg.-Rat HENNEBERG findet diesen Vorschlag durchaus entsprechend.

Geh. Hofrat NOBBE teilt ferner mit, dass auf eine betreffende Rundfrage des Ausschusses an die Deutschen Versuchs-Stationen sich bis jetzt 18 derselben bestimmt bereit erklärt haben, eine derartige Mustersammlung zu übernehmen; es sei wahrscheinlich, dass auch ausserdeutsche Stationen, sowie andere Institute von dieser Gelegenheit Gebrauch machen werden. Redner lässt ein Probe-Präparat aus der Sammlung zirkulieren.

Weiterhin erhält Prof. EMMERLING das Wort zu einem ausführlichen Bericht über **Prüfung der Futtermittel auf Unverfälschtheit und Unverdorbenheit.**

„Der Gegenstand, den ich behandeln soll, umfasst zwei verschiedene Fragen, die von vorn herein zu unterscheiden sind, und beziehe ich mich zunächst auf die erste derselben.

a) Prüfung der Futtermittel auf Unverfälschtheit.

Sie werden vielleicht bedauern, dass nicht ein gewiegter Botaniker, sondern ein Chemiker über diese schwierige Frage referieren soll, da doch die Erkennung der Echtheit und der Verfälschungen in der Regel auf die mikroskopische Erkennung der botanischen Merkmale der betr. Bestandteile hinausläuft. Andererseits hat dies vielleicht den Vorzug, dass ich den Gegenstand von dem Standpunkte aus betrachten kann, auf welchem die meisten von Ihnen stehen. Nur wenige von Ihnen, so darf ich wohl annehmen, sind geübte und erfahrene mikroskopische Botaniker, wenige auch

nur in der erfreulichen Lage, einen solchen als Hülfskraft an der Versuchs-Station anstellen zu können.

Inzwischen wurden aber von Landwirten oder Händlern immer häufiger Fragen bezüglich der Echtheit der Futtermittel an uns gerichtet, welche nur auf Grund einer mikroskopischen Untersuchung beantwortet werden können.

Ich darf daher annehmen, dass die meisten von Ihnen, ebenso wie ich, gezwungen worden sind, zu mikroskopieren, sich allmählich zu orientieren und dahin zu gelangen, wenigstens die häufiger auftretenden Fragen beantworten zu können. Es wird Ihnen aber ebenso wie mir gegangen sein, dass Sie ein schweres Lehrgeld an Zeit bezahlt und dass das Resultat im Verhältnis zum Zeitaufwand oft ein ungenügendes war, dass Sie über viele Formelemente im Unklaren blieben oder die fremde Hilfe eines wissenschaftlich geschulten Botanikers zu Hilfe nehmen mussten.

Es würde nun allerdings am leichtesten über diese Schwierigkeit wegzukommen sein, wenn wir dahin zielten, botanische Assistenten anzustellen. Aber in vielen Fällen ist dies nicht möglich.

Ferner bin ich der Ansicht, dass die Prüfung der Echtheit der Futtermittel unbedingt auf jeder landwirtschaftlichen Versuchs-Station ausgeführt werden muss, wenn es verlangt wird, und dass sich deren Leiter und Assistenten die etwa fehlende Fertigkeit im Mikroskopieren aneignen müssen.

Die meisten von Ihnen werden dies in einem gewissen Grade bereits gethan haben. Wenn wir trotzdem noch auf Schwierigkeiten stossen, so beruhen diese auf der Natur der zu untersuchenden Objekte und auf dem Mangel von guten Methoden, welche für die Praxis der Versuchs-Stationen geeignet sind.

Wir sind nicht in der Lage, die Zeit und Arbeit, welche die mikroskopisch botanischen Studien erfordern, auf unsere Futtermittelproben zu verwenden. Die massenhafte Probesendung erfordert eine rasche Erledigung der Aufträge. Die Versuchs-Stationen müssen gewissermassen ihre besonderen Methoden haben, welche ein schnelles und sicheres Arbeiten gestatten. Es handelt sich dabei nicht um eine bestimmte, sondern um mehrere Methoden, da die Entscheiduug einer Frage bald diese, bald jene Behandlung erfordert. Im Allgemeinen sind es die folgenden Methoden, deren man sich bei Futtermitteln zu bedienen pflegt, bei deren Aufzählung ich allerdings vorwiegend auf meine eigene Praxis zurückgreifen muss:

1) Prüfung der feineren mit Wasser abschlämmbaren Teilchen auf Stärkemehl oder mit Jod, um zu entscheiden, ob überhaupt Stärkmehl vorhanden; die Unterscheidung der verschiedenen Stärkmehlsorten, welche für den Nachweis der Echtheit der Futtermittel von der grössten Bedeutung ist. Auch eine Prüfung in Glycerin wurde empfohlen, da hier die zusammengesetzten Stärkekörner weniger leicht in ihre Teilkörner zerfallen (Liebscher). In allen irgendwie zweifelhaften Fällen werden Musterpräparate verglichen und Grössemessungen angestellt. In manchen Fällen, wie bei der Unterscheidung von Roggen und Weizen, werden auch Messungen der Haare und anderer Formelemente ausgeführt.

2) Prüfung der von Hülsen, Samenschalen herrührenden Teilchen. Dieselben sind oft so dick und gefärbt, dass bei der unmittelbaren Beobachtung unter dem Mikroskop nur undeutliche Bilder erhalten werden. Es ist

daher eine Aufhellung der Proben erforderlich. Hierzu sind verschiedene Methoden empfohlen worden. LIEBSCHER (Chem. Ztg. 1885, No. 83 p. 1482) wendet Kochen mit verdünnter Natronlauge an. Ich habe über diese Methode, deren Brauchbarkeit ich nicht bezweifle, keine bestimmten Erfahrungen gemacht. Solche liegen mir dagegen vor bezüglich der Methode von F. BENECKE, beschrieben in dessen „Anleitung zur mikroskopischen Untersuchung der Kraftfuttermittel“[1]).

Die Vorbehandlung der Proben besteht im wesentlichen in Kochen mit Königswasser und darauf folgendem Kochen mit Natronlauge. Die Schalen und Hülsen liefern, sofern sie nicht ganz zerstört werden, sehr durchsichtige und charakteristische Bilder. In vielen Fällen ist es mir allein mit Hilfe dieser Methode geglückt, mich von der Echtheit gewisser Futtermittel mit Sicherheit zu überzeugen. Sehr deutliche Bilder liefern z. B. Erdnusskuchen, Leimkuchen, Rapskuchen, Reishülsen. Durch diese Methode ist es mir z. B. vor Kurzem möglich gewesen, in Leimkuchen eine Beimischung von gemahlenen Erdnusshülsen zu entdecken.

3) Die Herstellung mikroskopischer Schnitte ohne Vorbehandlung. Da die Behandlung mit Säure und Alkalien manche Formelemente zerstört, so bemühen wir uns auch, direkte Querschnitte der Samenschalen etc. herzustellen. Insbesondere geschah dies in der Absicht, die für die Erkennung einzelner Samenvarietäten so wichtigen Bilder zu erhalten, welche von KOBUS[2]) beschrieben wurden. Da das Schneiden des zwischen Hollundermark oder Kork festgehaltenen Objektes nicht leicht gelingen wollte, so stellen wir jetzt kleine Paraffincylinder her, indem man das gepulverte Futtermittel in geschmolzenes Paraffin, welches sich in einem mit Kork verschlossenen Glasröhrchen befindet, fallen lässt. Nach dem Ersteren und schwachen Anwärmen lässt sich der Paraffincylinder leicht herausstossen. Da es auch jetzt noch sehr auf die Geschicklichkeit im Herstellen mikroskopischer Schnitte ankommt, so beabsichtigen wir, ein Mikrotom anzuschaffen, um das Gelingen der Präparate weniger von unserer Handfertigkeit und vom Zufall abhängig zu machen. Ausser diesen Methoden sind bei der Prüfung einzelner Futtermittel noch besondere Versuche anzustellen:

Dahin gehört die WITTMACK'sche Feststellung der Verkleisterungstemperatur zur Unterscheidung von Weizen und Roggen, die Herstellung der Kieselskeletts bei der Erkennung von Gerste, die Senfölbildung bei der Prüfung des Rapskuchens, die charakteristische schleimige Aufquellung der Leimkuchen etc. Fragen wir nun schliesslich: Auf welchem Wege können wir eine grössere Sicherheit in der Prüfung der Futtermittel auf ihre Reinheit erlangen? Es sind nach meiner Überzeugung besonders zwei Dinge, welche uns fördern können.

1) Eine mit spezieller Rücksicht auf das Bedürfnis der Versuchs-Stationen durchgearbeitete Anleitung zum Mikroskopieren der Futtermittel. Das bereits erwähnte Werk von BENECKE, etwas weiter durchgeführt und vervollständigt, würde unserem Bedürfnis ungefähr entsprechen. Es müsste aber auch die Unterscheidungsmerkmale des hiesigen und ausländischen (indischer) Raps resp. andere Ölkuchensorten, der verschiedenen Senfarten etc.

---

1) Berlin, P. Parey 1886.

2) Landw. Jahrb. 1884, S. 819.

umfassen und sich auf eine grössere Zahl von in Futtermitteln vorkommenden Verfälschungen erstrecken.

2) Die Beschaffung mustergültiger Sammlungen von Futtermitteln von verbürgter Reinheit, sowie derjenigen Materialien, welche am häufigsten als Fälschungsmittel Verwendung finden. Diese Sammlung müsste nach meiner Ansicht umfassen

a) Proben der käuflichen Futtermehle und Kuchen.
b) Proben der wichtigeren Stärkmehlsorten.
c) Proben der wichtigeren in den Futtermitteln vorkommenden Unkrautsamen, wie Kornrade, Knöterich, Wegerich, Trespe etc., ferner der Brandpilze, des Mutterkorns etc.
d) Proben der wichtigeren Fälschungsmittel, wie Reishülsen, Leindotter, Erdnusshülsen, Ricinussamen, Steinnüsse, Getreidehülsen etc.

Weniger notwendig erscheint mir eine Sammlung von verfälschten Futtermitteln. Die vorkommenden Fälle sind zu mannigfaltig. Es dürfte genügen, wenn wir uns die reinen Materialien beschaffen können, und es ist sehr erfreulich, dass der Vorstand unseres Verbandes die Inititative ergriffen hat, uns mit mustergültigen Präparaten zu versorgen.

b) Prüfung der Futtermittel auf Unverdorbenheit.

Die Frage, ob ein Futtermittel brauchbar oder ob es der Gesundheit schädliche Stoffe enthalte, tritt — wenigstens nach meiner Erfahrung — an den Versuchs-Stations-Chemiker sehr häufig heran.

Auch hier ist es notwendig, rasch zum Ziel zu kommen, ohne weitläufige Untersuchungen. Aber auch hier fehlt es sehr an Methoden, um den etwaigen Grad der Verdorbenheit festzustellen und zu ermitteln, ob ein Futtermittel ohne Gefahr verfüttert werden kann.

Glücklicherweise ist eine gesunde oder verdorbene Beschaffenheit schon in den meisten Fällen an gewissen äusseren Kennzeichen zu entdecken, an dem Geruch, Geschmack, dem Aussehen der Ware. Die Prüfung dieser äusseren Eigenschaften bildet eines der wichtigsten Hülfsmittel bei der Prüfung der Qualität der Futtermittel. Es gehört allerdings eine gewisse Erfahrung dazu, die man sich aneignen kann, wenn man jede Gelegenheit benutzt, sich die einlaufenden Proben zu besichtigen, ihren Geruch und Geschmack wahrzunehmen.

Wenn bei dieser äusseren Prüfung nichts Auffallendes zu bemerken, so erklären wir die Beschaffenheit als eine normale. Wenn aber der Geruch unangenehm, ranzig, der Geschmack brennend, ungewöhnlich scharf, bitter u. s. w., so halten wir das Futtermittel für mehr oder weniger verdorben.

Hier tritt uns nun die Schwierigkeit entgegen, dass wir auch ein Urteil gewinnen sollen über den Grad der Verdorbenheit, während die Merkmale, auf die sich unser Urteil stützt, wie Geruch, Geschmack, zum Teil von subjektiver und individueller Natur sind.

Das Ziel wird also sein müssen, soweit es möglich ist, auch einen objektiven Massstab zu gewinnen, durch den wir den Grad der Zersetzung und Verdorbenheit eines Futtermittels messen können.

Von dieser Zeit sind wir infolge des Mangels an grundlegenden Studien noch weit entfernt. Doch ist es wohl denkbar, dass einzelne Zu-

stände von Zersetzung sich einem objektiven Masse werden zugänglich machen lassen. Dahin gehört z. B. „das ranzig sein" der Futtermittel. Vielleicht liesse sich der Grad dieser Zersetzung annähernd bestimmen durch eine Titration der freien Säure oder auch der flüchtigen Säure allein, welche den unangenehmen Geruch zum Teil bedingen. Es würde dabei allerdings auch der normale Gehalt gesunder Futtermittel an freier Fettsäure zu berücksichtigen und durch besondere Versuchsreihen zu ermitteln sein. Es würde überhaupt von grossem Wert für die vorliegende Aufgabe sein, wenn der ranzige Zustand der Futtermittel und der Fette einmal experimentuell gründlicher bearbeitet und dabei die Möglichkeit im Auge behalten würde, dass die unangenehmen Eigenschaften ranziger Futtermittel zum Teil auch noch von anderen Substanzen, als von freien Fettsäuren, herrühren können.

Während das „ranzig sein" auf einer Zersetzung der Fette beruht, wird die sog. Fäulnis durch eine Umwandlung der Proteïnkörper hervorgerufen.

Wenn die Verdorbenheit eines Futtermittels auf einer Eiweisszersetzung beruht, und diese einen starken Grad erreicht hat, so ist dieselbe leicht zu erkennen an dem spezifischen Fäulnis- und Ammoniakgeruch, welche häufig mit alkalischer Reaktion verbunden sind. So hohe Grade von Fäulnis habe ich bei käuflichen Futtermitteln nur selten wahrnehmen können. Dagegen ist es möglich, dass Grade von beginnender Fäulnis existieren, die sich durch den Geruch nur erst schwach bemerkbar machen. Diesen Zustand zu entdecken würde immerhin von Wichtigkeit sein, weil ein Futtermittel, welches bereits angefangen hat zu faulen, während der Lagerung noch immer mehr an Qualität und an Wert einbüssen wird.

Da die Fäulnis auch in ihren ersten Stadien schon verbunden ist mit einer Umwandlung des Eiweisses in Nichtproteïn, so würde vielleicht die Bestimmung der Nichtproteïnstoffe ein Hilfsmittel in solchen Fällen bilden können.

Allerdings würde auch hier zunächst zu ermitteln sein, welche Menge an Nichtproteïn im Maximum und im Durchschnitt die Futtermittel im gesunden, normalen Zustande enthalten.

Da die meisten scheinbar freiwilligen Zersetzungen, welche organische Materien und so auch unsere Futtermittel aufweisen, durch niedere Pilze bewirkt werden, so bildet der Nachweis der Gegenwart solcher in einem Futtermittel ein weiteres wichtiges Hilfsmittel für die Prüfung der Qualität. Es haben wohl zuerst v. Bretfeld und Holdefluss auf die Wichtigkeit dieser Prüfung aufmerksam gemacht, nachdem sie das Auftreten verschiedener Schimmelpilzarten im Erdnusskuchen beobachtet hatten. Die Prüfung wurde dann ausgedehnt auf die verschiedenartigsten Futtermittel, und ich selbst hatte schon mehrmals Gelegenheit über meine Beobachtungen zu berichten.

Die Methode des Nachweises der niederen Pilze besteht derzeit in der Regel in der Kultivierung des Futtermittels mit Wasser im Brütofen 24 Stunden lang bei 35°.

Es versteht sich von selbst, dass die Kölbchen zuvor sorgfältig sterilisiert sein müssen, und dass man beim Herausschälen kleiner Mengen Substanz aus den Kuchen nur ausgeglühte Werkzeuge anwenden darf. Über-

haupt ist bei der ganzen Vorbehandlung die Technik der modernen Bakteriologie zum Muster zu nehmen.

Die Methode liefert in vielen Fällen greifbare und sofort verwertbare Resultate. Wenn z. B. die Proben so stark geschimmelt sind, dass sie mit einer dicken Schimmeldecke überzogen sind, so beanstanden wir den Gebrauch des Futtermittels, mahnen jedenfalls dringend zur Vorsicht, da nun einmal sehr viele Beobachtungen in der Literatur vorliegen, welche lehren, dass schimmelhaltiges Futter der Gesundheit der Tiere von Nachteil war.

Bei schwächerer Neigung zur Schimmelbildung kann man ein Futtermittel nicht ohne Weiteres verwerfen. Es müsste ja sonst zu viel Futter unbenützt bleiben oder direkt in die Düngergrube wandern. Wir pflegen aber in Fällen zweifelhafter Natur den Einsender um Auskunft zu bitten darüber, von welchem Erfolg die Fütterung begleitet war, und ob etwa schädliche Wirkungen beobachtet werden konnten. Leider blieben unsere dahin gerichteten Fragen in der Regel unbeantwortet, während die Sammlung statistischen Materials für die fernere Behandlung von Wert sein würde.

Ein Gutachten, welches wir im Frühjahr über Erdnussmehl ausstellten, lautete auf ziemlich viel Schimmel. Wir erhielten später die Nachricht, dass das Mehl ohne Gesundheitsstörung an 8 Kühe verfüttert worden war. In einer schwierigen Lage befinden wir uns bezüglich der vorkommenden Bakterien. Nur in seltenen Fällen lässt sich der Befund praktisch verwerten. Eine ungewöhnlich lebhaft und rasch eintretende Fäulnis durch Bakterien veranlasst uns ebenfalls, von dem Gebrauch eines Futtermittels abzuraten, oder doch die grösste Vorsicht zu empfehlen. Es sind namentlich die schlimmen Erfahrungen, die man mit Baumwollsaatkuchen gemacht hat, und die Thatsache, dass diese besonders stark zur Bakterienfäulnis neigen, welche eine solche Vorsicht angezeigt erscheinen lassen, wenn auch der kausale Zusammenhang noch nicht mit voller Sicherheit festgestellt worden ist. In den meisten Fällen können wir aber den Bakterienbefund nicht weiter verwerten, und die Zeit, die ihrer Beobachtung gewidmet wurde, war daher meist nutzlos verloren.

Ein Fortschritt auf diesem Gebiete würde nun allerdings zu erzielen sein, wenn wir mehr Rücksicht nehmen wollten auf die Arten der auftretenden Bakterien, und dasselbe gilt auch bezüglich der Schimmelpilze. Es würde aber dann notwendig werden, dass wir uns auch auf diesem Gebiete eine speziellere Sachkunde aneignen. Unsere Zeit würde dann wahrscheinlich nicht mehr ausreichen, ein grösseres Material an Proben zu bewältigen, sondern wir müssten uns auf die dringlichsten Fälle beschränken.

Meinerseits möchte ich davor warnen, die bakteriologische Methode jetzt schon für die Qualitätsbestimmung der Futtermittel praktisch zu verwerten, abgesehen von den Fällen einer auffallend starken Bakterien-Fäulnis. Der Boden, auf dem jene Methode ruht, ist für den vorliegenden Zweck noch zu wenig bearbeitet und daher zu unsicher.

Wohl aber wäre es wünschenswert, wenn einzelne Versuchs-Stationen oder verwandte Anstalten sich mit der Natur der in den Futtermitteln auftretenden Bakterien zunächst rein wissenschaftlich näher beschäftigen möchten, damit allmählig eine sichere Basis gewonnen werde, aus welcher sich vielleicht eine bakteriologische Prüfungsmethode der Futtermittel wird ab-

leiten lassen, die auch praktisch verwertbare Befunde zu Tage fördern kann.“

Nachdem der Vorsitzende dem Vortragenden den Dank der Versammlung ausgesprochen, erhält das Wort

Prof. G. Kühn und spricht die Ansicht aus, dass man nicht nur zu ermitteln habe, ob Verunreinigungen und Verfälschungen von Futtermitteln vorliegen, sondern dass man, was oft ungleich schwieriger sei, anstreben müsse, auch die Menge der fremden Beimengungen festzustellen. In dieser Hinsicht macht er auf die mechanisch-optische Analyse von Weinzierl aufmerksam, welche nach den bei ihm bisher gemachten Erfahrungen in manchen Fällen anwendbar ist und dann befriedigende Resultate liefert. Speziell sei es gelungen, nach dieser Methode eine quantitative Trennung von Kleien und Hirse zu bewerkstelligen. Die Methode basiert im Wesentlichen auf der Zerlegung der zu analysierenden Gemische durch geeignete Siebe in gröbere und feinere Komponenten und der darauf folgenden Durchsuchung und quantitativen Schätzung der durch das Mikroskop sichtbar gemachten Einzelbestandteile vermittelst des Polarplanimeters. Redner erwähnt ferner ganz in Kürze, dass eine Verfälschung der Futtermittel mit Steinnussabfällen durch Ausschütteln mit Chloroform nachweisbar sei.

Dr. Halenke glaubt die Aufmerksamkeit der Versammlung auf einen Punkt der Futtermittelkontrole hinlenken zu sollen, der, an sich keineswegs neu, eine bestimmte Stellungnahme der Sachverständigen erforderlich mache. Es ist dies die immer wiederkehrende Vermischung unserer einheimischen Rapssaaten mit denen indischer Provenienz, die sich mit ihrem Einflusse auf den Gesundheitszustand der mit solchen Saaten gefütterten Tiere so oft in bedenklichster Weise fühlbar macht und eine Masse von Reklamationen veranlasst. Redner stellt die Frage an die Versammlung, ob für die Erkennung und Beurteilung derartiger Beimengungen neuere und bessere Anhaltpunkte als die bisherigen gefunden seien, welche neuere Erfahrungen vorlägen und welches überhaupt die Stellung der Kollegen in dieser Frage sei.

Prof. Hoffmeister führt aus, dass nach Ansicht der Veterinäre durch Senföl bei dauernder Verfütterung Durchfall hervorgerufen wird, ist aber im Übrigen von der Bedeutungslosigkeit dieser Beimengungen fremdländischer, speziell

indischer Saaten in Bezug auf die beobachteten Krankheitserscheinungen überzeugt.

Prof. Ulbricht: Nach seinen Erfahrungen enthalte indischer Raps und Rübsen ausserordentlich wenig myronsaures Kali und kann an die Tiere ohne jede Schädigung verabreicht werden; selbst indischer Senf mit seinem bedeutenden Gehalte (er entwickelt 0,45—0,5 % Senföl) kann, wenn warm gepresst, in Mengen von 450 g per Kopf und Tag wochenlang ohne Nachteil verfüttert werden. Mit schwarzem Senf, der etwa 1,1 % Senföl abgiebt, sind gleichfalls Fütterungsversuche am Rindvieh angestellt worden, und zwar wurden 3 Wochen lang 500 g pro Kopf und Tag gegeben. Hier lässt die Beobachtung über die Wirkung etwas im Unklaren, insofern die drei Versuchstiere sich sehr verschieden verhielten. Eine Kuh blieb völlig gesund, ihr Kalb aber bekam Durchfall; die andere zeigte verringerte Fresslust; bei der dritten endlich krepierte das Kalb. Jedenfalls ist Redner zu der bestimmten Ansicht gelangt: warm gepresste Kuchen aus indischem Raps sind ohne Nachteil zu verfüttern.

Was nun die Bestimmung der Menge des von den Saaten gelieferten Senföles anlangt, so ist bei Redner folgende, durch seinen ersten Assistenten erprobte Methode eingeführt. 25 g des gepulverten Materiales werden mit 5 g gepulverten weissen Senfs und 150 ccm Wasser in Retorte oder Kolben gebracht, nach Beendigune der Einwirkung das gebildete Senföl durch Wasserdämpfe in die alkoholisches Ammoniak enthaltende Vorlage übergetrieben. Hier lösen sich die übergegangenen Öltröpfchen als Thiosinamin; nach 12stündigem Stehen wird etwas erwärmt und 25 ccm vierprozentige Sublimatlösung sowie 25 ccm vierprozentige Kalilauge zugefügt — sofort scheidet sich ein schwarzer Niederschlag von Schwefelquecksilber ab, wenn Senföl liefernde Samen zur Untersuchung kamen; der Ackersenf, *Sinapis arvensis,* zeigte, so behandelt, nichts von der gleichen Erscheinung. Um den Niederschlag zu reinigen, werden 25 ccm vierprozentige Cyankalilösung zugefügt, nach dem Erkalten wird abfilteriert und der Niederschlag, nach Auswaschen mit heissem Wasser, auf getrocknetem Filter gewogen; die gefundene Menge Schwefelquecksilber, mit dem Faktor 0,4555 multipliziert, führte zu der vorhandenen Senfölmenge.

Prof. AD. MAYER sieht ebenfalls nicht im Senfmehl die Ursache für die schädliche Wirkung gewisser Rapskuchen. Die Erfahrung hat gezeigt, dass indischer Samen manchmal sehr giftig, manchmal ganz unschädlich erscheint. Redner sucht den Grund vielmehr in der mehr oder weniger weit vorgeschrittenen Verdorbenheit dieses Futtermaterials, event. in dem Gehalt an Ptomaïnen, obschon ein direkter Beweis hierfür nicht erbracht werden könne. Die Unterscheidung besserer und schlechterer Qualitäten von Futtermitteln auf mikroskopischem Wege sei noch eine offene Frage. Unter Umständen können auch Pilze, welche Träger von Pflanzenkrankheiten sind, den Tieren beim Genuss solcher Futtermittel gefährlich werden, wie das Vorkommnis in Friesland beweist, wo Pferde durch Genuss des Strohes von mit Rost (*Puccinia graminis*) bedeckten Gramineeen erkrankten und zu Grunde gingen.

Dr. SCHREINER hebt hervor, wie wesentlich die Form sei, in welcher die Rapskuchen verabreicht würden. Im trockenem Zustande verfüttert, seien Schädigungen von ihnen nicht zu befürchten, als Tränke gegeben könnten Rapskuchen gewisser Provenienz gefährlich werden.

Dr. KLIEN warnt ebenfalls vor der Verfütterung in Form der Tränke.

Dr. HALENKE hält es für selbstverständlich, dass diese erste aller Vorsichtsmassregeln beim Verfüttern von Rapskuchen innegehalten werden müsse. Die Krankheitserscheinungen hätten sich gleichwohl auch bei Trockenfütterung gezeigt. Es sei demnach die Frage nach wie vor eine offene.

Der Vorsitzende giebt ein Resumé des Gehörten, kommt zu dem Schlusse, dass die Sache erhöhte Aufmerksamkeit verdiene, und nach Methoden zur Untersuchung bezw. Erkennung schädlicher Futtermittel geforscht werden müsse. Er stellt an die Versammlung die Anfrage, ob die Anfertigung der beregten Mustersammlungen dem Herrn Dr. UHLITSCH übertragen werden solle.

Prof. KÜHN möchte bei der Anfertigung derselben die Wünsche, welche Kollege EMMERLING in seinem Vortrage ausgesprochen, berücksichtigt sehen.

Prof. ULBRICHT fordert gute Sterilisierung der Präparate. Statt der mikroskopischen Präparate würde es sich vielleicht empfehlen, Mikrophotographieen beizulegen.

Der Vorsitzende glaubt der Diskussion entnommen zu haben, dass er Herrn Dr. UHLITSCH die Sache, unter Mitteilung der in der Diskussion verlautbarten Wünsche, übertragen dürfe. Die Versammlung ist ohne Widerspruch damit einverstanden.

Nach kurzer Pause wird übergegangen zu Punkt 4:

**„Honorartarif für Untersuchungen an den landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen."**

Der Berichterstatter, Dr. PFEIFFER, führt an der Hand einer zur Verteilung gebrachten Tabelle aus, in wie weiten Grenzen sich die verschiedenen Tarifsätze in den einzelnen Versuchs-Stationen bewegen. Für solche Händler zum Beispiel, welche in keiner Weise durch ein Vertragsverhältnis eine Begünstigung erfahren, ergaben sich die hier obwaltenden Schwankungen aus folgender Übersicht:

| | Art der Bestimmung. | Niedrigster Tarifsatz. M. | Höchster Tarifsatz. M. |
|---|---|---|---|
| Düngemittel. | Wasserlösliche Phosphorsäure | 2—4 | 9 |
| | Gesamt-Phosphorsäure | 8 | 8—12 |
| | Phosphorsäure in Thomasphosphaten | 8 | 10 |
| | Feinmehl in Thomasphosphaten | 1 | |
| | Citratlösliche Phosphorsäure | 8 | 10—16 |
| | Stickstoff in Form von Ammoniak | 3 | 8 |
| | Stickstoff in Form von Salpetersäure | 3 | 8—12 |
| | Gesamt- (resp. organ.) Stickstoff | 3 | 8 |
| | Kali | 4 | 8—12 |
| | Kalk, Magnesia je | 2—4 | 2—10 |
| Futtermittel. | Vollständige Untersuchung eines Futtermittels | 10 | 30 |
| | Proteïn | 4 | 4—8 |
| | Fett | 3 | 4—6 |
| | Verdaulichkeit des Proteïns | 7.50 | 20 |
| | Fett in der Milch | (3) | (6) |
| Sämereien. | Keimfähigkeit | 2 | 3.75 |
| | Reinheit | | 3—3.75 |
| | Kleeseide | 1 | 3—5 |

Es könne hiernach wohl keinem Zweifel unterliegen, dass eine einheitliche Regelung der Tarifsätze ein dringendes Bedürfnis sei, und auch nicht auf unüberwindliche Schwierigkeiten stossen würde, falls man gewisse Einschränkungen gelten lasse. Zunächst müsse es selbstverständlich den einzelnen Stationen bezw. deren vorgesetzten Behörden vollständig überlassen bleiben, wie hoch Landwirte bezw. Vereinsmitglieder mit Untersuch-

ungskosten belastet werden sollen. Das wird ganz von der Höhe der Zuschüsse abhängen, welche der Staat, die Vereine etc. der Versuchs-Station gewähren. Völlig ungerechtfertigt erscheine es aber, dass diese Zuschüsse auch Händlern, durch Gewährung von oft beispiellos niedrigen Analysenkosten, zu Gute kommen. Der etwaige Einwurf, dass erhöhte Tarifsätze, auch wenn dieselben nur von den Händlern zu zahlen wären, die Landwirtschaft indirekt belasten würden, könne nicht als zutreffend bezeichnet werden, weil sich sonst schon jetzt, bei dem zur Zeit herrschenden hochgradigen Unterschieden in den Analysenkosten verschiedene Preise für Phosphorsäure, Stickstoff etc. in den einzelnen Distrikten bemerkbar machen müssten. Endlich liege es auch nicht im allgemeinen Standesinteresse, den Wert der Arbeit in pekuniärer Hinsicht allzu niedrig zu bemessen, worauf von Seiten der Handelschemiker bereits mehrfach hingewiessen sei. Referent glaubt deshalb, die Festsetzung eines einheitlichen Normaltarifes für den Verband empfehlen zu müssen, bei welchem es den einzelnen Versuchs-Stationen frei steht, Landwirten und solchen Händlern, welche ein bestimmtes Vertragsverhältnis abschliessen, einen angemessenen Rabatt zu gewähren. Er beantragt zu diesem Zwecke Niedersetzung einer Kommission.

In der darauffolgenden Debatte, an welcher sich die Herren Kühn, Maercker, Soxhlet, Mayer, Halenke, Henneberg, v. Wolff, Nobbe, Schultze betheiligten, wird die Notwendigkeit einer einheitlichen Regelung der Angelegenheit im Allgemeinen anerkannt. Bei der höchst verschiedenartigen Organisation der einzelnen Versuchs-Stationen hält man jedoch die vom Referenten in Vorschlag gebrachte Festsetzung eines „Normaltarifes“ für undurchführbar, zumal derselbe bei den zahlreichen, zulässigen und auch unentbehrlichen Ausnahmen doch nur in verhältnismässig wenigen Fällen zur Anwendung kommen würde.

Dagegen beantragt Prof. Maercker, um die Schleuderpreise aus der Welt zu schaffen, die Ausarbeitung eines „Minimaltarifes für Händler, welche in keinem Vertragsverhältnisse zu der betreffenden Versuchs-Station stehen“ einer zu diesem Zweck (im Anschluss an Punkt 6 der Tagesordnung) zu wählenden Kommission zu überweisen.

Dieser Antrag wird gegen zwei Stimmen angenommen.

Punkt 5.

**„Vorbildung und äussere Stellung der Assistenten an den landw. Versuchs-Stationen."**

Der Berichterstatter, Geh. Hofrat Nobbe, führt aus: Nachdem in der letzten Verbandssitzung zu Bonn 1888 Professor Schultze beantragt hatte, dass die Vorbildung der Agrikulturchemiker, und zugleich Prof. Hellriegel, dass die äussere Stellung und Besoldung der Assistenten an den Versuchs-Stationen in Erwägung gezogen werde, hat sich der Ausschuss in seiner Sitzung im Mai 1889 mit dieser Angelegenheit beschäftigt und zwar auf Grund der mittelst Fragebogens erhobenen statistischen Unterlagen für die Mehrzahl der dem Verbande angehörenden, sowie einige ausserhalb des Verbandes thätige deutsche und nichtdeutsche Versuchs-Stationen. Referent legt die Hauptergebnisse der Rundfragen, welche sich bezogen auf die Mittel- und Hochschulbildung, die praktische Vorbildung, das Lebens- und Dienstalter, die Remuneration etc. der gegenwärtig thätigen Assistenten, der Versammlung vor.

1. Nach Ausweis der 33 eingegangenen Antwortschreiben arbeitet nur eine der betr. Versuchs-Stationen ohne Assistenten; die höchste Zahl der letzteren beträgt 8, im Durchschnitt kommen 2,5 auf eine Station.

2. Das Lebensalter betreffend war der jüngste Assistent zur Zeit der Fragestellung 21 Jahre alt, der älteste 60 Jahre. Das Alter der Mehrzahl der Assistenten liegt zwischen 26 und 33 Jahren, das Durchschnittsalter berechnet sich auf 30 Jahre.

3. Das höchste thatsächliche Dienstalter eines Assistenten ist 23 Jahre. Mehrfach kommen 13, 12, 10, 9, 8 Dienstjahre vor. Der Durchschnitt ist reichlich $2^1/_4$ Jahre: eine ganz angemessene Dauer für eine Stellung, welche doch schliesslich einen Übergangsposten bildet, zumal in Anbetracht dass mancher junge Mann im Interesse umfassenderer Ausbildung es passend findet, an mehreren Stationen mit verschiedenen Arbeitsrichtungen sich zeitweilig umzuthun.

4. Schulbildung. Von 88 gegenwärtigen Assistenten haben 33 ein Gymnasium besucht, 38 ein Realgymnasium, 17 andere Anstalten (meist Realschulen).

5. Fachbildung. Von sämtlichen in diese Statistik einbezogenen gegenwärtigen Assistenten haben 91 an einer

Universität, 33 an einer technischen Hochschule studiert; eine grössere Anzahl haben Universität und technische Hochschule besucht. Es studierten

an den Universitäten:

| | |
|---|---|
| Göttingen, Leipzig und Berlin | je 12 |
| Halle | „ 7 |
| Freiburg und Erlangen | „ 6 |
| Breslau | „ 5 |
| München | „ 4 |
| Marburg, Würzburg, Heidelberg, Basel | „ 3 |
| Jena, Kiel, Tübingen, Bonn, Zürich | „ 2 |
| Bern, Dorpat, Münster, Wien und Greifswald | „ 1 |

an den technischen Hochschulen:

| | |
|---|---|
| München (Polytechnikum) | je 7 |
| Zürich | „ 4 |
| Wiesbaden (Fresenius' Laboratorium) | „ 4 |
| Graz, Stuttgart, Hannover (Polyt.) | „ 3 |
| Aachen, Dresden ( „ ) | „ 2 |
| Karlsruhe, Charlottenburg, Riga, Rheydt (Polyt.) | „ 1 |
| Chemnitz (K. höh. Gewerbschule) | „ 1 |

6. Praktische Vorbildung. 34 der Assistenten kamen direkt von der Universität oder technischen Hochschule, die übrigen aus der Technik, chemischen Fabriken, Handelslaboratorien, Nahrungsmittelämtern, von anderen Versuchs-Stationen oder aus anderen Berufskreisen.

7. Die Frage, welche Mittel- und Hochschulbildung den Vorzug verdiene, ist von den Vorständen der Versuchs-Stationen, soweit sie nicht in Ermangelung zureichender Erfahrungen ein Urteil überhaupt ablehnen, sehr verschieden beantwortet worden. Einige halten das humanistische Gymnasium und die Universität für richtig, andere Gymnasium und technische Hochschule, wieder andere Realschule oder Realgymnasium und Universität, oder Realschule und technische Hochschule, kurz es herrscht ein absoluter Mangel an Uebereinstimmnng der Anschauungen, je nach den persönlichen Erfahrungen. Der Ausschuss ist zu der Ansicht gelangt, dass der Schwerpunkt der Frage nicht in dem Charakter der Bildungsanstalten, ob Gymnasium oder Realschule, Universität oder Technikum, zu suchen sei, sondern darin, dass die Fachbildung nach allen Seiten eine gründliche sei; insbesondere er-

scheine es wünschenswert, dass die **analytische Thätigkeit** der Studierenden sowohl an den Universitäten, als auch an den technischen Hochschulen, eine erhöhte Beachtung finde; dass die Chemiker auf das Hören technischer Vorlesungen hingewiesen werden, und dass denselben hierzu auch überall Gelegenheit geboten werde. Von den botanischen Assistenten ist hauptsächlich eine tüchtige Fertigkeit im Mikroskopieren zu fordern.

8. Die Remuneration der Assistenten bewegt sich zwischen 800 und 3600 Mark p. a. Im Mittel aller dem Verbande angehörenden Stationen, soweit Berichte darüber vorliegen, beträgt sie 1630 Mark. Dabei ist freie Wohnung und Beleuchtung, deren 20 von 75 Assistenten geniessen, und welche im Durchschnitt auf 300 Mark zu veranschlagen sein dürfte, nicht berücksichtigt worden. Ferner beziehen einige Assistenten persönliche Zulagen von 200 bis 500 Mark, zusammen etwa 2500 Mark. Durch Einrechnung dieser zusätzlichen Einkünfte erhöht sich das Durchschnitts-Einkommen eines Assisten der Versuchs-Stationen auf 1720 Mark. Es ist nun einleuchtend, dass die absolute Höhe der Gehaltsziffern entsprechend dem örtlich verschiedenen Geldwerte, eine sehr ungleiche Bedeutung hat. Der Ausschuss ist aber der Ansicht, dass die Remuneration der Assistenten überall so bemessen sein sollte, dass eine standesgemässe Existenz ermöglicht wird.

Eine Pensionsberechtigung der Assistenten wird im Allgemeinen nicht für wünschenswert erachtet. Dagegen sollte die Einführung von Pensionsanstalten für geeignete Beamte der Versuchs-Stationen angestrebt werden, etwa nach dem Muster der im Königreich Sachsen in dieser Richtung bereits bestehenden Einrichtungen.

Prof. Schultze beleuchtet die heutigen Vorbildungsverhältnisse der Chemiker an den Universitäten, die er sich nicht scheue, mit der Bezeichnung „unwürdig" zu belegen. Er wünscht Erhebungen darüber angestellt zu sehen, ob und inwieweit der analytische Unterricht verschwunden, wieviel Zeit auf Präparatendarstellung verwendet wird, kurz alle die sattsam bekannten ungünstigen Verhältnisse ans Licht gezogen zu sehen. Er ersucht, sich in dieser Beziehung event. den Schritten des Vereins technischer Chemiker anzuschliessen, hierzu eine Kommission zu wählen, event. geeigneten Ortes vorstellig zu werden, und über-

haupt die Sache so energisch in die Hand zu nehmen, dass sie sich nicht im Sande verlaufen können.

Dr. SCHREINER erachet den Ausschuss des Verbandes für kompetent und geeignet, die erforderlichen Schritte zu thun, um sich mit den industriellen Kreisen, dem Verein für angewandte Chemie etc. in Verbindung zu setzen.

Geh. Reg.-Rat HENNEBERG spricht sich in gleichem Sinne aus, während

Prof. KÜHN für die Wahl einer besonderen Kommission eintritt.

Dr. DIETZELL ist gegen eine Kommission, stellt vielmehr den Antrag:

**„den Ausschuss zu beauftragen, die erwähnten Erhebungen anzustellen und ihm das Recht zu geben, sich zu diesem Zweck in geeigneter Weise zu verstärken.“**

Der Antrag wird angenommen.

Punkt 6.

**„Bildung einer ständigen Kommission im Verbande mit dem Auftrage, neu auftretende Tagesfragen zu verfolgen und etwaige Vorschläge für die alljährliche ordentliche Versammlung vorzubereiten.“**

Referent Prof. MAERCKER: Nach einigen begründenden Worten, wobei u. A. der musterhaften amerikanischen Kommission gleichen Zweckes Erwähnung geschieht, stellt Berichterstatter den Antrag:

**„die Generalversammlung wolle ständige Kommissionen zur Bearbeitung von analytischen Fragen behufs Vorbereitung für die Beratung in den Generalversammlungen erwählen, und zwar vorläufig:**

1. für die Untersuchung der Düngemittel,
2. für die Untersuchung der Futtermittel.

„Diese Ausschüsse sind verpflichtet, die in ihrem Bereiche liegenden analytischen Fragen zu bearbeiten und zwar

a) nach eigenem Ermessen,
b) auf Anregung des Vorstandes,
c) auf Antrag jedes Verbandsmitgliedes, nach erfolgter Billigung des Vorstandes.

„Der Vorstand hat die Kommission zusammenzuberufen, wenn das Zusammentreten wünschenswert erscheint. Die Kommissionen berichten in dringenden Fällen über den Ausfall ihrer Ermittlungen und Beratungen thunlichst schnell an den Vorstand, welcher darüber zu befinden hat, ob eine ausserordentliche Generalversammlung einzuberufen ist. Unter gewöhnlichen Verhältnissen erfolgt die Berichterstattung bei Gelegenheit der nächsten Generalversammlung. Zu diesem Zwecke sind die analytischen Fragen:

1. die Untersuchung der Düngemittel,
2. die Untersuchung der Futtermittel,

als ständige Gegenstände auf die Tagesordnung der ordentlichen Generalversammlungen zu setzen."

In der Diskussion ersucht

Prof. v. Wolff, ausser den Methoden der Untersuchung von Futter- und Düngemitteln auch die Bodenanalyse und zwar die „rasche" Bodenanalyse in den Bereich der Kommissionsthätigkeit zu ziehen. Man sollte sich einigen über eine gleichmässig zu handhabende Extraktion des Bodens, über eine gleichartige mechanische Trennung, über eine bestimmte Art von Sieben, darüber, ob im trockenen oder nassen Zustande untersucht werden soll, endlich über eine einfache, einheitliche Schlämmanalyse. Redner beantragt daher die Bildung einer dritten Kommission speziell für die Bodenanalyse.

Prof. Emmerling unterstützt diesen Antrag.

Prof. Fleischer möchte vor Allem Einigung über gleichartige Probenahme erzielt sehen.

Prof. Emmerling schliesst sich dem an, da gerade die verschiedenartige Probenahme zu dem unliebsamen Vorkommnis einer sehr differierenden Beurteilung einer und derselben Bodenart durch zwei Versuchs-Stationen geführt habe.

Prof. Hellriegel wünscht an den Antrag v. Wolff anschliessend, ebenfalls eine ständige Kommission für Bodenanalyse.

Prof. v. Wolff hätte eine Kommission ad hoc, die möglichst rasch zum Ziele komme, lieber gesehen.

Nunmehr wird der Antrag Maercker, im Sinne v. Wolff's erweitert angenommen.

Es folgt die Wahl der Kommissionen.

In die Kommission zur Ausarbeitung des Tarifs werden gewählt die Herren:

Dietrich, Halenke, Kreusler, Maercker, Pfeiffer.

Die ständigen Kommissionen werden gebildet:

1) für die Bodenanalyse aus den Herren Emmerling, Fleischer, Heinrich, Hellriegel, Wagner, von Wolff,
2) für die Untersuchung der Düngemittel aus den Herren Fleischer, Maercker, Müller, Schultze, Stutzer, Wagner,

3) für die Untersuchung der Futtermittel aus den Herren EMMERLING, FRESENIUS, MAERCKER, PFEIFFER, STUTZER.

Im Anschluss an Punkt 6 der Tagesordnung bringt Prof. MAERCKER die Klagen der Handels- und technischen Chemiker und der Fabrikanten zur Sprache, welche nach erfolgter Organisation des Verbandes vielfach die Fühlung mit den Versuchs-Stationen hinsichtlich des Standes der Untersuchungsmethoden und der Beurtheilung der Handelsware verloren haben. Es sei daher das Bedürfnis hervorgetreten und der Wunsch ausgesprochen worden, neben den eigentlichen Versammlungen des Verbandes freie Versammlungen, soweit dies erforderlich scheint, einzuberufen, in welchen Erörterungen über die einschlägigen Gegenstände vorzunehmen seien. Redner schlägt daher vor, den Ausschuss zu bevollmächtigen, solche Versammlungen einzuberufen und Einladungen hierzu ergehen zu lassen.

Prof. SCHULTZE wünscht diese Versammlungen, welche eine neue Belastung für die Stationsvorstände vorstellen würden, ersetzt zu sehen durch eine zweckmässige Änderung der ordentlichen Versammlungen des Verbandes, indem man die Tagesordnung teilt und im ersten Teile rein organisatorische, interne, im zweiten Teile aber analytisch-wissenschaftliche Fragen erörtert. Bei dem letzten Teile dürften dann die betreffenden, ausserhalb des Verbandes stehenden Herrn zugegen sein.

Prof. FRESENIUS ist gegen den Vorschlag SCHULTZE; jedenfalls würde er es für zweckmässiger halten, wenn eine solche Teilung des Pensums beliebt würde, die Versammlung auf zwei Tage auszudehnen, so dass am zweiten Tage die hierher gehörigen Dinge zur Besprechung gelangten.

Dr. DIETZELL tritt für den Vorschlag FRESENIUS ein.

Prof. MAERCKER macht darauf aufmerksam, dass eigentlich der Ausschuss des Verbands nach § 7 u. 9 der Statuten das Recht besitzt, nach der fraglichen Richtung Anordnungen zu treffen. Er schliesst sich also dem Vorschlage FRESENIUS an, möchte es aber dem Ermessen des Verbandsausschusses überlassen wissen, derartige gewissermassen anschliessende Versammlungen nur dann, wenn sie für notwendig erachtet werden, einzuberufen und die entsprechende Auswahl einzuladender Persönlichkeiten zu treffen.

Die Versammlung ist hiermit einverstanden.

Prof. Mayer trägt, an den letztverhandelten Punkt anknüpfend, einen Differenzfall bei Untersuchung von Thomasmehl vor, der sich zwischen seiner und einer deutschen Versuchs-Station vor nicht langer Zeit ereignete und auf die Anwendung einer abweichenden Methode seitens dieser letzteren Station zurückgeführt wurde. Er fragt an, ob die in Bonn getroffenen Vereinbarungen noch bindend seien oder nicht.

In der Diskussion, an welcher sich die Herren Dietzell, Fleischer, Fresenius, Halenke, Maercker, Hoffmeister, Kühn, Schultze betheiligen, ergiebt sich als Auffassung der Versammlung, dass ein eigenmächtiges Abgehen von der in Verbandsversammlungen einstimmig vereinbarten Methoden seitens einzelner Veruchsstationen aufs Schärfste verurteilt werden müsse, unbeschadet des Rechtes der freien wissenschaftlichen Kritik, die zu üben Jedermann selbstverständlich nach wie vor überlassen bleibe. Es wird ausdrücklich zu Protokoll erklärt: dass ein einseitiges Abweichen in obiger Beziehung gleichbedeutend zu setzen sei mit dem Ausscheiden der betreffenden Versuchs-Station aus dem Verbande.

Punkt 7.

**Beratung über eine Beteiligung des Verbandes an der allgemeinen land- und forstwirtschaftlichen Ausstellung zu Wien 1890.**

Prof. Kühn referiert über die bisher in dieser Angelegenheit erfolgten Schritte. Von 43 deutschen Stationen, an welche eine Anfrage von Seiten des Vorstandes über event. Betheiligung an der Wiener Ausstellung ergangen ist, haben sich 25 geäussert, und zwar 9 zustimmend, 5 mit bedingtem Ja, 4 haben die Entscheidung ungewiss gelassen, 7 mit Nein geantwortet. Nach einer eingehenden befürwortenden Darlegung der Sachlage giebt der Berichterstatter der Versammlung anheim, sich nunmehr bestimmt über Beteiligung oder Nichtbeteiligung des Verbandes als solchen auszusprechen.

In der Diskussion sind die Herren Hellriegel, Fresenius für die Beteiligung, letztere jedoch nur, wenn nicht besondere Kosten für die einzelnen Stationen erwachsen.

Dr. Barth macht darauf aufmerksam, dass zu gleicher Zeit, wie in Wien, eine Ausstellung der Deutschen landw. Gesellschaft in Strassburg i. E. für den Umfang des Deutschen

Reiches stattfinde. Er erachte es mindestens für billig, zunächst an die Beschickung dieser Ausstellung zu denken, was ja nicht ausschliesse, dass man sich mit dem gesamten Apparate auch in Wien betheilige.

Der Vorsitzende stellt die Vorfrage an die Versammlung, ob dieselbe im Prinzipe mit einer Beschickung der Wiener Ausstellung seitens des Verbandes landw. Versuchs-Stationen einverstanden sei. Diese Frage wird ohne Widerspruch bejaht.

Alsdann ergiebt sich die weitere Frage, ob unter den obwaltenden Umständen und angesichts der Deutschen landw. Ausstellung zu Strassburg die einzelnen Versuchs-Stationen sich de facto an der Wiener Ausstellung werden beteiligen können.

Diese Frage wird von der Versammlung mit überwiegender Mehrheit verneint.

Damit sind die Beratungen beendet.

Schluss der Sitzung 3¼ Uhr Nachmittags.

**Dr. Th. Pfeiffer. Dr. Möslinger.**

# Vorschläge für die Herstellung von Trockenapparaten zur Fettbestimmmung in Futtermitteln, welche trocknende Öle enthalten.

Von

Dr. OTTO FOERSTER - Dahme.

Hierzu 5 Abbildungen.

Aus dem Übelstande, dass das Fett derjenigen Futtermittel, welche trocknende Öle enthalten, bei dem der Ätherextraktion vorausgehenden Trocknen durch den oxydierenden Einfluss der atmosphärischen Luft schon unterhalb der Siedetemperatur des Wassers einerseits derartig verändert wird, dass es nicht mehr vollständig ätherlöslich ist, wodurch der Befund an Ätherextrakt zu niedrig ausfällt, andererseits aber das extrahierte Fett beim Trocknen an Gewicht stetig zunimmt, so dass ein konstantes Gewicht nicht zu erzielen ist, hat sich die Notwendigkeit ergeben, nicht nur die zu extrahierenden Substanzen vor der Extraktion, sondern auch das daraus erhaltene Extrakt in einer sauerstofffreien Atmosphäre zu trocknen.[1]) Apparate, welche dieses ermöglichen, müssen einen leicht zugänglichen Trockenraum enthalten, der mit einem den Eintritt der atmosphärischen Luft verwehrenden Verschluss sowie mit Zu- und Ableitungsvorrichtungen für das zu seiner Füllung bestimmte Gas versehen ist. Die einzige Schwierigkeit für die Herstellung eines solchen Apparates liegt bei der Höhe und dem Wechsel der Temperatur, welcher derselbe auszusetzen ist, in der Herstellung eines sicher und unveränderlich wirkenden luftdichten Verschlusses, der die Konstruktion und Handhabung des Apparates nicht zu kompliziert macht.

[1]) Vgl. Klopsch, Zeitschr. f. anal. Chem. XXVII, 452 und Wrampelmeyer, Landw. Vers.-St. XXXVI, 287.

Die Apparate, welche vorzuschlagen mir gestattet sein mag, bestehen in einem Wassertrockenkasten, dessen Trockenraum luftdicht verschliessbar und mit Zu- und Ableitungsröhren für das Gas, in dem getrocknet werden soll, versehen ist. Nur die Verschlussvorrichtungen der einzelnen Apparate weichen von einander ab.

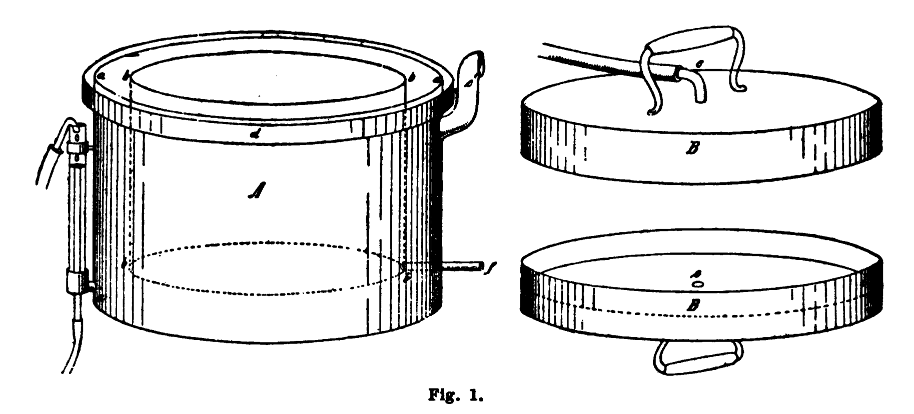


Fig. 1.

I. *A a* (vgl. Abbild. 1) ist ein cylindrisches (oder auch viereckiges) kupfernes Wasserbad, welches zweckmässig mit einer Einrichtung für konstanten Wasserstand versehen sind, in welches ein ebenfalls cylindrischer unten geschlossener Einsatz *b* so eingefügt ist, dass dessen Boden und Wände von denjenigen des äusseren Cylinders *a* einige Centimeter entfernt ist, so dass zwischen beiden ein genügender Raum zur Aufnahme des Wassers bleibt. Der obere Rand des Einsatzes *b* ist nach aussen zu einem Ringe umgebogen, der an seiner Peripherie zu einer etwa 2 cm tiefen und 1 cm weiten Rinne *d* ausgestanzt ist, welche über den oberen Rand des Kessels *a* übergreift und hier verlöthet ist, so dass der Raum zwischen Kessel und Einsatz nach allen Seiten luftdicht geschlossen ist und dem Wasserdampf nur durch ein unmittelbar unterhalb der Rinne *d* befindliches Abzugsrohr *c* ein Abzug gestattet ist. Zum luftdichten Verschluss des inneren Raumes des Cylinders *b* dient der cylinderische Deckel *B*, dessen Durchmesser etwa 1 cm grösser als derjenige des Wasserbades *a* ist, so dass sein unterer etwas über 2 cm hoher freier Rand in die Mitte der Rinne *d* hineinpasst. Der übrigens lose aufliegende Deckel ist, um die Wärme

besser zusammenzuhalten, 1—2 cm vom eigentlichen Boden mit einem zweiten Boden versehen; durch beide Böden geht ein Rohr *e*, welches zur Zuleitung des Gases bestimmt ist, in welchem die Substanzen getrocknet werden sollen. Um den inneren Raum des Kastens gegen die atmosphärische Luft abzuschliessen, wird die Rinne *d* mit geschmolzenem Wood'schen Metall (Schmelzp. 70°) gefüllt und der Deckel mit seinem Rande hineingestellt. Als Ersatz der atmosphärischen Luft zum Trocknen der Substanzen ist Wasserstoff und Leuchtgas vorgeschlagen worden.[1]) Wo Leuchtgas zu Gebote steht, ist dasselbe aus praktischen Gründen unbedingt jedem anderen Gase vorzuziehen; denn das aus dem Abzugsrohr *f* austretende Gas kann mittelst eines Schlauches unmittelbar dem Brenner zugeführt werden, der zur Heizung des Wasserbades dient (vgl. Abbild. 2, welche den geschlossenen Apparat in Thätigkeit zeigt). Will man die

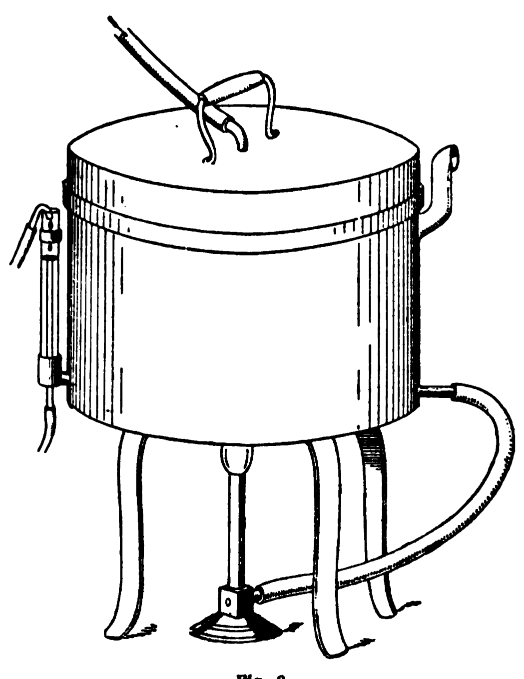


Fig. 2.

Substanz in den ungeheizten Wasserkasten bringen, um sie im Gase langsam die Siedetemperatur des Wassers annehmen zu lassen, so stellt man den Schluss des Deckels her, indem man durch Bewegen einer Flamme längs der Rinne *d* das Wood'sche Metall verflüssigt; dasselbe hat nach dem Erkalten des Apparates zu geschehen, falls man die Substanzen in dem Gase erkalten lassen will. Beides halte ich indess für überflüssig;

[1]) A. a. O.

das Erstere, weil, nachdem man die Substanz in den geheitzten Kasten gebracht hat, die inzwischen eingetretene Luft durch das Gas längst verdrängt ist, ehe die Substanz eine irgendwie schädliche Temperatur angenommen hat, das Letztere, weil eine irgend merkliche Oxydation der herausgenommenen Substanz bis zu ihrer Erkaltung nicht zu befürchten steht.

Für Laboratorien, welche keine Gaseinrichtung haben, schlage ich zur Füllung des Apparates Kohlensäure vor, die natürlich, weil schwerer, als Luft, den umgekehrten Weg von *f* nach *e* machen muss.

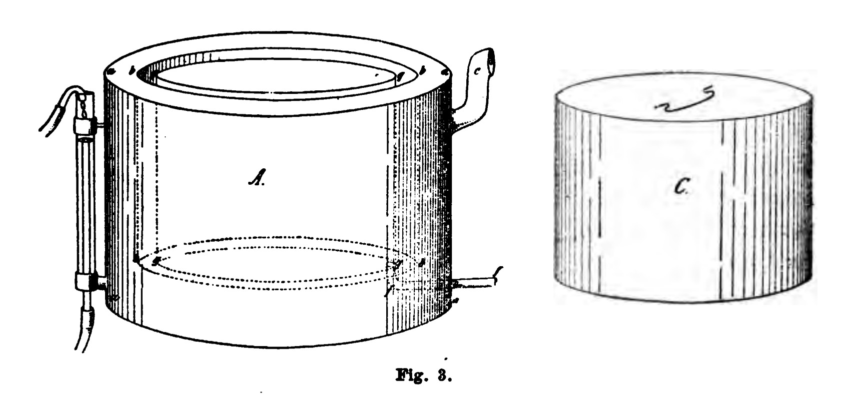



Fig. 3.

II. Man kann sich bei Anwendung dieses Gases eines etwas abgeänderten Apparates bedienen, der in seinen Hauptteilen dem vorigen gleicht, bei dem der Abschluss des Trockenraumes gegen die Luft indess durch die ausströmende Kohlensäure selbst bewirkt wird. Zu diesem Zweck ist auf dem Boden des Cylinders *b* (vgl. Abbild. 3) ein dritter etwas niedriger oben offener Cylinder *g* konzentrisch mit jenem luftdicht aufgelöthet, der zur Aufnahme der zu trocknenden Körper und des Gases dient und über welchen der eben so hohe aber etwas weitere mit einem umlegbaren Griffe versehene Deckel *C* übergreift. Die durch die Röhre *f*, welche bis in den innersten Cylinder *g* hineinragt, am Boden eintretende Kohlensäure nimmt ihren Weg über den oberen Rand von *g*, zwischen dessen Wandung und derjenigen des Deckels *C* abwärts, dann zwischen *C* und *b* aufwärts, um endlich durch den nur lose ohne Verschlussvorrichtung aufliegenden äusseren Deckel *B* zu entweichen.

III. Ein dritter Apparat, den ich noch zur Berücksichtigung empfehle, dessen Herstellung allerdings schwieriger und kostspieliger ist, weicht ebenfalls nur in der Art des Verschlusses von dem in I beschriebenen ab. Die oberen Ränder des Kessels *a* und des Einsatzes *b* (vgl. Abbild. 4) sind durch eine glatt abgedrehte starke messingene oder kupferne ringförmige Scheibe *d* luftdicht verbunden, an deren innerer und äusserer Peripherie zwei etwa 1 cm emporragende Ränder *e* und *g* in der Art befestigt sind, dass sie einerseits mit der Scheibe *d*, andererseits mit den oberen Rändern von *a* beziehungsweise *b* luftdicht verlöthet sind. In den ringförmigen Raum zwischen der Scheibe

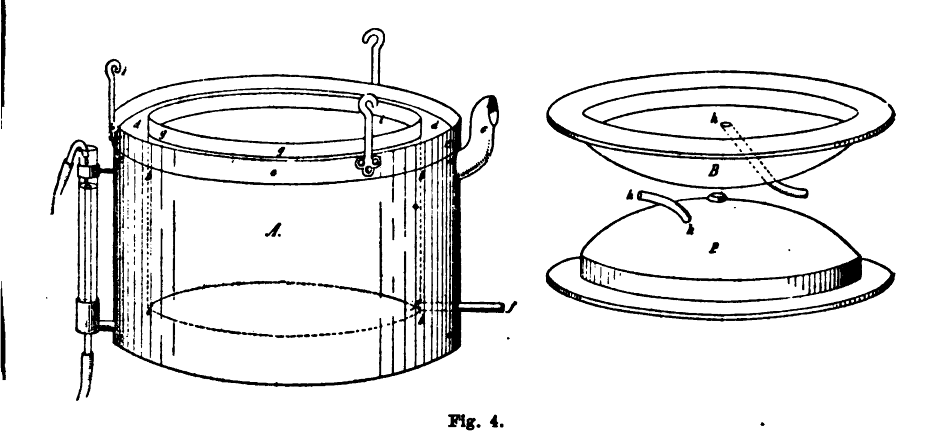



Fig. 4.

*d* und den Rändern *e* und *g* passt ein starker Ring von vulkanisiertem Kautschuk, ferner der ebenfalls glatt abgedrehte Rand des in Messing oder Kupfer gegossenen oder getriebenen sehr starken, gewölbten, am untersten Teile wegen des inneren Randes *g* cylindrischen Deckels *B*, der auf seiner inneren Seite, um in seinem Inneren eine isolierende Luftschicht herzustellen, einen zweiten ebenen Boden besitzen kann. Dieser Deckel, welcher wie bei dem unter I beschriebenen Apparate die Zuleitungsröhre *h* für das Gas enthält, kann auch wegen der geringen Wärmeleitungsfähigkeit dieses Materials aus starkem Porzellan hergestellt sein; derselbe bedarf keines doppelten Bodens, die untere Fläche seines Randes muss indess abgeschliffen sein. Um nun den Deckel luftdicht schliessend auf-

zusetzen, wird derselbe gegen den auf *d* ruhenden Gummiring gepresst. Zu diesem Zwecke sind auf dem Ringe *e* in gleichen Abständen drei starke Haken *i* befestigt, in welche die hakenförmig emporgebogenen Enden der drei Balken *k* hineinpassen (vgl. Abbild. 5).

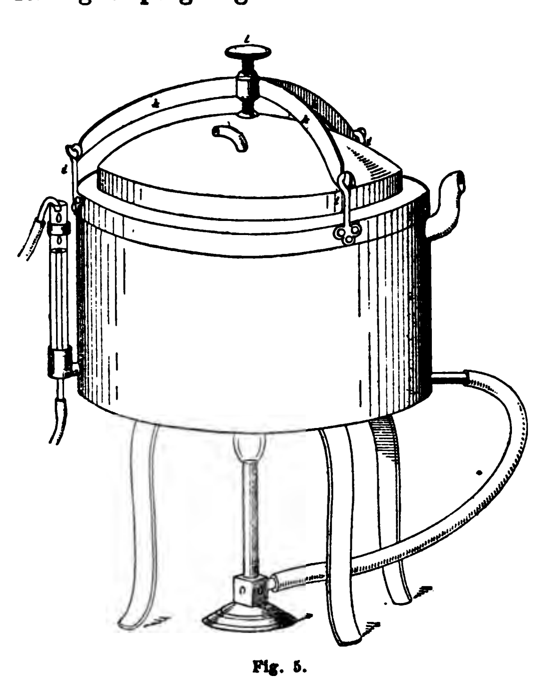


Fig. 5.

Wird nun die Schraube *l*, welche durch den Vereinigungspunkt dieser drei Balken geht und deren unteres Ende in eine kleine ringförmige Erhöhung auf der Mitte des Deckels greift, angezogen, so wird der Gummiring zusammen und gegen die Ränder *e* und *g* (Abbild. 4) gepresst, so dass ein vollkommen luftdichter Verschluss des Trockenraumes hergestellt wird.

Die Einsätze aller drei Apparate brauchen übrigens mit dem Wasserbade nicht notwendig fest verbunden, sondern können zum Herausnehmen eingerichtet sein, was wegen der Reinigung des Wasserbades vom Kesselstein empfehlenswert ist. Ferner kann das Wasserbad am unteren Teile mit einem Zuflussrohr versehen sein, durch welches, wenn schnelles Erkalten wünschenswert erscheint, das heisse Wasser schnell durch kaltes ersetzt werden kann.

# Über die Verwitterung des Bodens.

Von

JULIUS STOKLASA.

Den diesbezüglichen Untersuchungen sind folgende drei Fragen zu Grunde gelegt.

1. Verlauf der Verwitterung bei den unbebauten Grundtypen des Bodens und zwar des Kalk-, Thon- und Sandboden.

2. Welches Quantum in schwachen, organischen Säuren (Citronen-, Essig- und Oxalsäure) lösliche Nährstoffe bilden sich im Boden während der Brache und wie viel kann daher durch die Pflanzenwurzeln während der Vegetation dem Boden entzogen werden?

3. Inwieweit nimmt die Qualität des Bodens Anteil an dem Ausfall der Ernte und in welchem Maasse hat der sogen. „volle Ersatz" der entzogenen Nährstoffe zu erfolgen?

1 a) Verwitterung des Sandbodens.

Die Felsgesteine der Kreideformation haben wesentlichen Anteil an der Entstehung der Sandböden im östlichen und nördlichen Böhmen, namentlich der Becken von Peruc, Zlosejin, Pankrac, Hnatnik, Snirčic, ferner die Sandsteinschichten von Korycan, Weissberg, Malnitz mit einem geringen Gehalt an kohlensaurem Kalk und endlich auch die Iser- und Chlometzer-Sandsteine.

b) Besonderes Interesse erregen die Zertrümmerungen der kalianassischen Sandsteinen der Iserschichten im östlichen Böhmen.

Die grobkörnigen Sandsteine, enthaltend 58—62 % Quarz und 10—12 % Kalk, des Charakters der kalianassischen Sandsteine, die sich zu beiden Ufern der

Adler, denn von Brandeis bis Böhm.-Trübsen und Leitomischl nach Mähren hinziehen, verwittern am schnellsten durch die Einwirkung der Atmosphärilien und tragen so zur Bildung der Sandböden bei.

Die Sandkörner sind kantig und der Kitt der Hauptsache nach aus kohlensaurem Kalk, kieselsaurem Kalk und kieselsaurer Thonerde zusammengesetzt. Durch Chlor-Wasserstoffsäure und Salpetersäure wird der Kitt grösstenteils gelöst unter Zurücklassung des unlöslichen Teiles der kieselsauren Thonerde und des kieselsauren Eisenoxyduls, sowie der kantigen Quarzkörner.

Die Analyse einer Literbacher Probe ergab folgende Resultate:

In Chlor-Wasserstoffsäure

| | löslich: | | unlöslich: |
|---|---|---|---|
| $K_2O$ | 0.104 | Prozent | 0.285 |
| $Na_2O$ | 0.214 | „ | 0.136 |
| $MgO$ | 0.374 | „ | 0.524 |
| $CaO$ | 12.170 | „ | 1.302 |
| $Fe_2O_3$, $Al_2O_3$ | 3.059 | „ | 6.204 |
| $SiO_2$ | 4.173 | „ | 60.603 |
| $SO_3$ | 0.010 | „ | 69.054 |
| $CO_2$ | 6.348 | „ | |
| $P_2O_5$ | 0.022 | „ | |
| | 26.474 | | |

| | |
|---|---|
| In ClH löslich | 26.474 |
| In ClH unlöslich | 69.054 |
| Glühverlust | 3.147 |
| | 98.675. |

Die Verwitterung des Sandsteins zerfällt in 4 Stadien:

1. Oxydation der Eisenoxydulverbindungen, gekennzeichnet durch das bekannte Gelbwerden der Sandsteine.

2. Auslaugung der kohlensauren Verbindungen.

3. Verlust der Hälfte des gesamten kohlensauren Kalkes, relativer Zuwachs der Silikate und des Sandes.

4. Der gänzliche Zerfall der Masse.

Die Trümmer zerfallen, nachdem der Kitt im vierten Stadium der Verwitterung fast gänzlich ausgelangt wurde, in eine Sandsteinmasse.

Der Kitt wird oft bis in weit gelegene Thäler fortgeschwemmt und bildet alsdann sekundäre Ablagerungen.

Der Sandboden verbleibt entweder am Urboden (primärer Boden), oder bildet der fortgeschwemmte Teil sekundäre Ablagerungen (sekundäre Böden). —

Besonders entwickelte primäre Böden bietet der Leitomischl Kreis, namentlich hervorzuheben die Gegenden von Sec, Literbach und Desna. —

Eine Probe des Ujezder Bodens ergab folgende chemische und physikalische Zusammensetzung:

Analyse nach SCHLÖSING.

Der Boden bei 100° C. getrocknet, enthielt:

| | |
|---|---|
| Sand | 81.2 %. |
| Matière noire | 2.5 „ |
| Thon | 3.6 „ |
| Kohlensaurer Kalk | 11.8 „ |

Zur Analyse wurde ein Durchschnittsmuster des Erdreichs, und nicht, wie es unstatthafterweise oft geschieht, nur feiner Boden genommen. Dasselbe wurde an der Luft getrocknet, dann fein zermahlen und mittelst eines Siebes (2 mm²) von vorhandenen Steinchen befreit.

Das Bodenskelett ist aus unverwittertem Sandstein und Quarzsand zusammengesetzt.

Die feine Erde enthielt Kali-Glimmer-Blättchen, kohlensauren Kalk, kieselsaure Thonerde, kieselsaures Eisenoxydul und eine beträchtliche Menge Sand.

Die chemische Analyse ergab in 100 Teilen

| | | | |
|---|---|---|---|
| Feuchigkeit | 4.562 | In Salzsäure löslich | 20.375 %. |
| Glühverlust | 2.03 | In Salzsäure unlöslich | 73.936 „ |
| | 6.592 | Feuchte und Glühverlust | 6.592 „ |
| | | | 100.903 |

Der in Salzsäure gelöste Teil enthält

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | In Salzsäure unlöslich | |
| $K_2O$ | 0.075 | $K_2O$ | 0.155 |
| $Na_2O$ | 0.043 | $Na_2O$ | 0.188 |
| $MgO$ | 0.300 | $MgO$ | 0.373 |
| $CaO$ | 6.523 | $CaO$ | 0.655 |
| $Fe_2O_3 + M_2O_3$ | 4.122 | $Fe_2O_3$ | 6.244 |
| $SiO_2$ | 5.034 | $SiO_2$ | 66.321 |
| $SO_3$ | 0.092 | | 73.936. |
| $P_2O_5$ | 0.084 | | |
| $CO_2$ | 4.102 | | |
| | 20.375 | | |

Löslichkeit der Pflanzennährstoffe in schwachen Säuren:

Einwirkung der 20 % Essigsäure

| | |
|---|---|
| $P_2O_5$ in $C_2H_4O_2$ gelöst | 0.004 % |
| $SO_3$ in $C_2H_4O_2$ gelöst | 0.022 „ |
| In $C_2H_4O_2$ löst sich $K_2O$ | 0.009 „ |
| $MgO$ | 0.143 „ |
| $CaO$ | 5.294 „ |

Einwirkung der Citronensäure 20 %

| | |
|---|---|
| $P_2O_5$ in $C_6H_8O_7$ gelöst | 0.009 |
| $SO_3$ in $C_6H_8O_7$ gelöst | 0.028 |
| $K_2O$ in $C_6H_8O_7$ gelöst | 0.016. |

Das Versuchsfeld im Ausmasse von 2 $m^2$ wurde im Frühjahr und im Sommer 1879 dreimal monatlich geackert und geeggt, überhaupt der $^3/_4$ m starken Bodenschichte freier Luft- und Wasserzutritt geschaffen. Im Monate Mai des Jahres 1880 wurde aus dem so präparierten Boden ein Durchschnittsmuster gewonnen und dasselbe von den daran haftenden Pflanzenteilen gesondert. Zu bemerken ist jedoch, dass die Vegetation des Vorjahres dem Absterben und Verwesen überlassen wurde.

Die Analyse des bei 100° getrockneten Bodens ergab

| | |
|---|---|
| Sand | 80.0 |
| Matière noire | 3.4 |
| Thon | 4.1 |
| Kohlensaurer Kalk | 12.2 |
| | 99.7 |

Ein interessantes Resultat ergab die Stickstoff-Analyse:

Gesamt-N. des Bodens vor dem Versuche: 0.052 %
Gesamt-N. des Bodens nach einem Jahre 0.084 %[1]).

Die chemische Analyse ergab in 100 Teilen des gesamten fein zermahlenen Bodens:

| | |
|---|---|
| Feuchtigkeit | 5.140 |
| Glühverlust | 3.540 |
| | 8.680. |

| | |
|---|---|
| In Salzsäure löste sich | 21.364 |
| In Salzsäure unlöslich | 70.154 |
| Feuchte u. Glühverlust | 8.680 |
| | 100.198. |

[1]) Berechnet auf Trockensubstanz.

| In Salzsäure löslich | | In Salzsäure unlöslich | |
|---|---|---|---|
| $K_2O$ | 0.073 | $K_2O$ | 0.143 |
| $Na_2O$ | 0.050 | $Na_2O$ | 0.172 |
| $MgO$ | 0.411 | $MgO$ | 0.302 |
| $CaO$ | 7.032 | $CaO$ | 0.402 |
| $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ | 4.302 | $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ | 5.921 |
| $SiO_2$ | 5.320 | $SiO_2$ | 63.214 |
| $SO_3$ | 0.090 | | 70.154 |
| $P_2O_5$ | 0.081 | | |
| $CO_2$ | 4.005 | | |
| | 21.364 | | |

Die Löslichkeit der Pflanzennährstoffe in schwachen organischen Säuren

| 20 % Essigsäure löste | | 20 % Citronensäure löste | |
|---|---|---|---|
| $P_2O_5$ | 0.009 | $P_2O_5$ | 0.014 |
| $SO_3$ | 0.034 | $SO_3$ | 0.036 |
| $K_2O$ | 0.021 | $K_2O$ | 0.025 |
| $MgO$ | 0.312 | | |
| $CaO$ | 5.352 | | |

1b) Kalkboden.

Die Kalkböden Ost-Böhmens sind durch Zertrümmerung der Plänermergel, Plänerkalk von Teplitzer, Priesener und Iser-Schichten entstanden; letzere haben den Ablagerungen das charakteristische Gepräge verliehen. Der Weissberger Mergel ist sandig, der Teplitzer und Priesener von lehmiger Beschaffenheit. Der Modrák als Repräsentant der Iser-Kalksteine zeigt folgende Eigenschaften:

Unter der Lupe bemerken wir krystallinisches Gefüge und wenige Kali-Glimmer-Blättchen. In der Masse sind zahlreiche Versteinerungen eingebettet, sowie Limas, Pekten, Erogyra etc., ferner gelbgrüne Schichten kohlensauren Kalks und Calcits. Die Dichte des Leitomischler Musters betrug bei 17° C. 2.532. Die Analyse ergab:

| In Salzsäure unlöslich: | | In Salzsäure löslich: | |
|---|---|---|---|
| $K_2O$ | 0.372 | $K_2O$ | 0.292 |
| $Na_2O$ | 0.147 | $Na_2O$ | 0.855 |
| $Mg_2O$ | 0.215 | $MgO$ | 0.203 |
| $CaO$ | 0.130 | $CaO$ | 45.380 |
| $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ | 3.016 | $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ | 2.035 |
| $SiO_2$ | 9.425 | $SiO_2$ | 0.676 |
| | 13.305 | $SO_3$ | 0.264 |
| | | $CO_2$ | 34.714 |
| | | $P_2O_5$ | 0.020 |
| | | | 84.439. |

| | |
|---|---|
| In Salzsäure löslicher Teil | 84.439 |
| In Salzsäure unlöslich Teil | 13.305 |
| Glühverlust . . . . . | 1.537 |
| | 99.281. |

Die Verwitterung des Kalksteines stimmt im Wesentlichen mit der Verwitterung der Sandsteine überein, nur ist im dritten Stadium ein Zuwachs an kieselsaurem Eisen und kieselsaurer Thonerde zu verzeichnen.

Zur Untersuchung verwendeter Boden entstammte verwittertem Iser-Kalkstein, und war das Versuchsfeld bis dahin unbebaut gewesen.

Die Analyse des bei 100° getrockneten Bodens (nach SCHLÖSING) ergab:

| | |
|---|---|
| Sand . . . . . . . . . . . . . . . . . | 27.21 %. |
| Matière noire . . . . . . . . . . . . | 2.64 „ |
| Thon . . . . . . . . . . . . . . . | 9.42 „ |
| Kalciumkarbonat (inkl. Magnesiumkarbonat | 59.38 „ |
| | 98.65 |

Chemische Analyse. In 100 Teilen Erde war enthalten:

| | |
|---|---|
| Feuchtigkeit | 5.342 |
| Glühverlust | 2.245 |
| | 7.587 |

| | In Salzsäure löslich | In Salzsäure unlöslich |
|---|---|---|
| $K_2O$ | 0.130 | 0.212 |
| $Na_2O$ | 0.456 | 0.155 |
| $MgO$ | 0.254 | 0.342 |
| $CaO$ | 31.420 | 0.174 |
| $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ | 2.415 | 4.202 |
| $SiO_2$ | 2.130 | 27.213 |
| $SO_3$ | 0.185 | 32.298. |
| $P_2O_5$ | 0.035 | |
| $CO_2$ | 23.454 | |
| | 60.479. | |

| | |
|---|---|
| In Salzsäure löslicher Teil | 60.479 |
| In Salzsäure unlöslicher Teil | 32.298 |
| Feuchte und Glühverlust | 7.587 |
| | 100.364 |

Löslichkeit der Pflanzen-Nährstoffe in schwachen Säuren:

Wirkung der Essigsäure 20 %.

| | | |
|---|---|---|
| $P_2O_5$ | löslich in $C_2H_4O_2$ | 0.019 %. |
| $SO_3$ | „ „ „ | 0.045 „ |
| $K_2O$ | „ „ „ | 0.059 „ |
| $MgO$ | „ „ „ | 0.164 „ |

Wirkung der Citronensäure 20 %.

| | | |
|---|---|---|
| $P_2O_5$ löslich in $C_6H_8O_7$ | 0.020 | % |
| $SO_3$ „ „ „ | 0.048 | „ |
| $K_2O$ „ „ „ | 0.072 | „ |

Das 2 qm grosse Versuchsfeld wurde geackert, geeggt und die Knollen sorgfältig zerkleinert.

Die Untersuchung des Bodens wurde nach einem Jahre unter denselben Verhältnissen vorgenommen, wie beim Sandboden.

Unter den emporgesprossten Gewächsen waren namentlich *Tusilago farfara* vertreten.

Analyse nach SCHLÖSING.

Die Analyse des bei 100° getrockneten Bodens ergab:

| | | |
|---|---|---|
| Sand | 26.34 | % |
| Matière noire | 3.01 | „ |
| Thon | 9.62 | „ |
| Calciumkarbonat (exkl. Magnesiumkarbonat | 59.46 | „ |
| | 98.43 | |

Analyse des fein zermahlenen Bodens:

| | In Salzsäure löslich: | | In Salzsäure unlöslich: | |
|---|---|---|---|---|
| $K_2O$ | 0.146 | % | 0.224 | % |
| $Na_2O$ | 0.450 | „ | 0.168 | „ |
| $MgO$ | 0.250 | „ | 0.350 | „ |
| $CaO$ | 31.010 | „ | 0.142 | „ |
| $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ | 2.534 | „ | 4.400 | „ |
| $SiO_2$ | 2.254 | „ | 27.244 | „ |
| $SO_3$ | 0.155 | „ | 32.528 | |
| $P_2O_5$ | 0.032 | „ | | |
| $CO_2$ | 23.111 | „ | | |
| | 59.942 | | | |

| | |
|---|---|
| In Salzsäure löslicher Teil | 59.942 |
| In Salzsäure unlöslicher Teil | 32.528 |
| Feuchte- und Glühverlust | 7.815 |
| | 100.285 |

Löslichkeit der Pflanzennährstoffe in schwachen organischen Säuren:

Einwirkung der Essigsäure 20 %.

| | |
|---|---|
| $P_2O_5$ löslich in $C_2H_4O_2$ | 0.024 |
| $SO_3$ „ „ „ | 0.048 |
| $K_2O$ „ „ „ | 0.086 |
| $MgO$ „ „ „ | 0.183 |

Einwirkung der Citronensäure 20 %.

| | |
|---|---|
| $P_2O_5$ löslich in $C_6H_8O_7$ | 0.023 |
| $SO_3$ „ „ „ | 0.047 |
| $K_2O$ „ „ „ | 0.088 |

c) Thon.

Die Verwitterungsversuche wurden an Kaolin angestellt, welcher dem Kali-Feldspath anstammte; auch hier kann man den Verlauf der Verwitterung in 3 Stadien teilen.[1])

1. Veränderung der Farbe, Wasseraufnahme, Verminderung der Dichte, Ausbringung des Eisenchydroxydes.

2. Bildung säurelöslicher Silikate, Zuwachs des Gehaltes aus Wasser und Alkalien, Dichtenabnahme: Der Feldspath wird spröde.

3. Kaolisierung der obersten Schichten, Auslaugung der Sylikate und der entstandenen Karbonate.

Beifügend die Analyse eines Thones, entstammend einem Kalifeldspathe aus Budislau (bei Leitomischl).

Der Thon war gelbgrau ohne jedwede Beimengung.

| In Salzsäüre löslich | | In Salzsäure unlöslich | |
|---|---|---|---|
| $K_2O$ | 0.154 | $K_2O$ | 2.143 |
| $Na_2O$ | 0.083 | $Na_2O$ | Spuren |
| $MgO$ | 0.015 | $MgO$ | „ |
| $CaO$ | 0.026 | $CaO$ | „ |
| $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ | 0.344 | $Fe_2O_3$ | 1.343 |
| $SiO_2$ | 1.588 | $Al_2O_3$ | 37.216 |
| $CO_2$ | 0.192 | $SiO_2$ | 45.381 |
| $P_2O_5$ | Spuren | | 86.082 |
| | 2.402 | | |

| | |
|---|---|
| In Salzsäure löslicher Teil | 2.402 |
| In Salzsäure unlöslicher Teil | 86.082 |
| Wasser . . . . . . . . . | 12.131 |
| | 100.615 |

| In Essigsäure lösliche Bestandteile | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 0.263 |
| $CO_2$ | 0.192 |
| $K_2O$ | 0.099 |
| $Na_2O$ | 0.083 |
| $MgO$ | 0.013 |
| $CaO$ | 0.022 |
| $Fe_2O_3$ | 0.144 |
| | 0.816 |

Der Thonboden wurde öfters geackert und gewendet, um den Atmosphaerilien genügenden Zutritt zu verschaffen. Die Einwirkung der bei der Pflanzenverwesung entstehenden Kohlen-

[1]) Studien über den Verwitterungsprozess von Orthoklas. Von JUL. STOKLASA. Mitteilungen der landw. chem. Versuchs-Station in Wien. Landw. Versuchs-Stat. 1881.

säure, verschiedener Huminsäuren und des Ammoniaks braucht nicht in Betracht gezogen zu werden, da auf dem ohnehin kleinen Komplexe nur eine spärliche Vegetation zu verzeichnen war.

Nach einem Jahre ergab die Analyse folgendes:

| In H Cl löslich | |
|---|---|
| $K_2O$ | 0.268 |
| $Na_2O$ | 0.099 |
| $MgO$ | 0.018 |
| $CaO$ | 0.027 |
| $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ | 0.697 |
| $SiO_2$ | 1.693 |
| $CO_2$ | 0.144 |
| $P_2O$ | Spuren |
| $SO_3$ | „ |
| | 2.246 |

| In H Cl unlöslich | |
|---|---|
| $K_2O$ | 2.053 |
| $Na_2O$ | Spuren |
| $MgO$ | „ |
| $CaO$ | „ |
| $Fe_2O_3$ | 1.015 |
| $Al_2O_3$ | 37.240 |
| $SiO_2$ | 45.125 |
| | 85.433 |

| In Essigsäure löslich | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 0.273 |
| $CO_2$ | 0.144 |
| $K_2O$ | 0.081 |
| $Na_2O$ | 0.090 |
| $MgO$ | 0.011 |
| $CaO$ | 0.025 |
| $Fe_2O_3$ | 0.189 |
| | 0.813 |

| | |
|---|---|
| In H Cl löslich | 2.946 |
| In H Cl unlöslich | 85.433 |
| Wasser | 9.150 |
| Glühverlust | 1.543 |
| | 99.072 |

## Beobachtungsresultate.

Verfolgen wir vor Allem die einzelnen Typen.

Die Analyse der leicht löslichen Alkali-Silikate, Phosphate, sowie der Sulphate ergab interessante Resultate. In Citronensäure löste sich weit mehr Phosphorsäure und Kaliumoxyd, als in Essigsäure. Eine Erklärung findet dies darin, dass die Phosphorsäure zumeist als leicht lösliches Eisenphosphat nebst kleineren Mengen phosphorsauren Kalks und phosphorsaurer Magnesia vorhanden war.

Der Verwitterungs-Prozess des Sandbodens bot ein überraschendes Bild dar.

Der Sandboden verwittert am raschesten; derselbe zeigt nach einjähriger Brache eine wesentliche Zunahme an leicht löslichen Nährstoffen, welche nicht nur für die Pflanzen leicht aufnahmsfähig sind, sondern auch wegen ihrer Absorption eine wichtige Rolle spielen.

Nicht minder interessante Resultate ergiebt die Berechnung der Nährstoffmengen in einem Hektar Boden von einer

durchschnittlichen Tiefe von 50 cm, bis zu welcher Tiefe der Boden gründlich gelockert und geackert wurde, um den Atmosphaerilien freien Zutritt zu schaffen.

Ein Liter Boden wog 1.502 kg.

Vor der Verwitterung.

| In 20 % Essigsäure löslich | | In 1 Hektar findet sich vor | |
|---|---|---|---|
| $P_2O_5$ | 0.004 % | $P_2O_5$ | 300 kg |
| $SO_3$ | 0.022 „ | $SO_3$ | 1652 „ |
| $K_2O$ | 0.009 „ | $K_2O$ | 675 „ |
| $MgO$ | 0.143 „ | $MgO$ | 10739 „ |

Nach 1jähriger Verwitterung wurden gefunden:

| In 20 % Essigsäure löslich | | In 1 Hektar findet sich vor | |
|---|---|---|---|
| $P_2O_5$ | 0.009 % | $P_2O_5$ | 675 kg |
| $SO_3$ | 0.034 „ | $SO_3$ | 2553 „ |
| $K_2O$ | 0.021 „ | $K_2O$ | 1577 „ |
| $MgO$ | 0.312 „ | $MgO$ | 23431 „ |

b) Kalkboden. Als auffallende und charakteristische Erscheinung ist die Thatsache zu bezeichnen, dass der (unerschöpfte) Kalkboden eine beträchtliche Menge in schwachen Säuren löslicher Nährstoffe enthält, welche leicht der Aufmerksamkeit des Beobachters entgehen.

Die Menge der in Salzsäure löslichen und unlöslichen Substanzen unterliegt keiner besonderen Veränderlichkeit, dagegen giebt die Untersuchung mit Essigsäure wesentlichen Aufschluss über die stattgefundenen Veränderungen.

Die Zunahme von $K_2O$ und $P_2O_5$ ist eine geringe, $MgO$ und $SO_3$ sind in gleicher Menge wie vor der Verwitterung vorhanden. Dieselben Ergebnisse wurden durch die Analyse mit Citronensäure bestätigt.

So wurde vor dem Verwittern gefunden in Citronensäure löslich

| | |
|---|---|
| $P_2O_5$ . . . . . . . | 0.020 % |
| $SO_3$ . . . . . . . . | 0.048 „ |
| $K_2O$ . . . . . . . . | 0.072 „ |

Nach der Verwitterung

| | |
|---|---|
| $P_2O_5$ . . . . . . . . | 0.023 % |
| $SO_3$ . . . . . . . . | 0.047 „ |
| $K_2O$ . . . . . . . . | 0.088 „ |

Auf Calciumoxyd wurde keine Rücksicht genommen.

Die Berechnung der Nährstoffmenge für 1 Hektar Bodenfläche ergiebt sich wie folgt:

1 Liter Boden wog 1,320 kg.

In 20 % Essigsäure löslich:

| Vor der Verwitterung | | Nach 1jähriger Verwitterung | |
|---|---|---|---|
| $P_2O_5$ | 0.019 % | $P_2O_5$ | 0.024 % |
| $SO_3$ | 0.045 „ | $SO_3$ | 0.048 „ |
| $K_2O$ | 0.059 „ | $K_2O$ | 0.086 „ |
| MgO | 0.164 „ | MgO | 0.183 „ |

In 1 Hektar finden sich vor

| Vor der Verwitterung | | Nach der Verwitterung | |
|---|---|---|---|
| $P_2O_5$ | 1254 kg | $P_2O_5$ | 1584 kg |
| $SO_3$ | 2970 „ | $SO_3$ | 3168 „ |
| $K_2O$ | 3894 „ | $K_2O$ | 5676 „ |
| MgO | 10824 „ | MgO | 12078 „ |

c) Thonboden. — Die Verwitterung des Thonbodens verläuft, wie schon erwähnt, sehr langsam.

Die Untersuchung mit schwachen Säuren ergab nur einen Zuwachs an Kalk- und Eisenoxydul, dagegen war eine beträchtliche Bildung von schwerlöslichen Kalisilikaten beobachtet worden

Vor dem Prozesse in Salzsäure löslich:

| | |
|---|---|
| $K_2O$ | 0.154 |
| MgO | 0.015 |
| CaO | 0.026 |

Nach dem Prozesse in Salzsäure löslich:

| | |
|---|---|
| $K_2O$ | 2.68 % |
| MgO | 0.018 „ |
| CaO | 0.027 „ |

Einwirkung der Essigsäure vor der Verwitterung

| | |
|---|---|
| $K_2O$ | 0.999 % |
| MgO | 0.013 „ |
| CaO | 0.022 „ |

Nach 1jähriger Verwitterung

| | |
|---|---|
| $K_2O$ | 0.081 % |
| MgO | 0.011 „ |
| CaO | 0.025 „ |

Nährstoffmenge in 1 Hektar Bodenfläche.

1 Liter Boden wog 1.460 kg.

Vor der Verwitterung.

In 20 % Essigsäure löslich

| | | |
|---|---|---|
| | $K_2O$ | 0.099 % |
| | MgO | 0.013 „ |
| In 1 Hektar | $K_2O$ | 7227 kg |
| | MgO | 949 „ |

Nach 1jähriger Verwitterung.

In 20 % Essigsäure löslich

| | |
|---|---|
| $K_2O$ | 0.081 % |
| Mg O | 0.011 „ |

In 1 Hektar findet sich

| | |
|---|---|
| $K_2O$ | 5913 kg |
| Mg O | 803 „ |

Wie ersichtlich, hat während der einjährigen Verwitterungsperiode blos ein Zuwachs an Kaliumoxyd stattgefunden. Phosphorsäure und Schwefelsäure konnten nur in Spuren konstatiert werden.

---

Zurückblickend auf die gefundenen Resultate über die Verwitterung des Sand-, Thon- und Kalkbodens gelangen wir zur Erkenntnis einer Reihe von merkwürdigen und bedeutsamen Ergebnissen, welche geeignet sein wird, beizutragen zum Verständnis jener Frage, welche die bisher unerforschten chemischen Beziehungen im Boden betrifft.

Die Bestandteile des Bodens lassen sich in Bezug auf die Pflanzennährstoffe in 3 Kategorien teilen.

I. Diese umfasst die in konzentrierter Salzsäure, Salpetersäure und Schwefelsäure unlöslichen Bestandteile. Hierher gehören unzerstörte Alkalisilikate und gewisse Arten von Eisen- und Thonerdephosphaten etc.

II. In dieselbe fallen die in Salz-, Salpeter- und Schwefelsäure löslichen Bodenbestandteile. Dahin zählt die Reihe der Silikate, des Kalium, Calcium, Magnesium, Eisenoxyd und Oxydul, weitere verschiedene Phosphate, Sulphate, Chloryde etc.

III. In diese rechnen wir die in schwachen organischen Säuren (Essigsäure, Citronensäure oder nach HERMANN LIEBIG für Phosphatanalysen empfohlenen Kaliumoxalat) löslichen Bodenbestandteile. Letztere sind als von den Pflanzen leicht aufnehmbare Nährstoffe zu betrachten.

Die Bestandteile der ersten Kategorien gehen im Verlauf der Verwitterung in die zweite Kategorie über und zerfallen schliesslich durch die fortgesetzte Einwirkung der Atmosphaerilien in die leicht löslichen Pflanzennährstoffe der dritten Kategorie.

Nach Verlauf dieser Metamorphose treten folgende Vorgänge ein.

1. Absorption und Bildung neuer Aggregate.

2. Partielle Auslaugung leicht löslicher Bestandteile unter Einwirkung von $CO_2$, $NH_3$ $HNO_3$ und verschiedener Humin- und Ulminsäuren.

---

Damit wären die Mitteilungen, die erste Hauptfrage betreffend, erschöpft und ein wenn auch geringer Beitrag zur wissenschaftlichen Erklärung der Bodenverwitterung geliefert. Weitere Forschungen auf diesem Gebiete, besonders die Erkenntnis des Einflusses der Bodenqualität auf den Bodenertrag werden neue Bahnen der sogenannten landwirtschaftlichen Betriebslehre erschliessen.

Verfasser erlaubt sich die Behandlung der zweiten und dritten Hauptfrage für eine folgende Mitteilung in Aussicht zu stellen.

---

## Zur Frage der Entwicklung der Champignon-Sporen

schreibt uns Herr Dr. LEO BURGERSTEIN, Wien: Mit Rücksicht darauf, dass der Champignon auf Triften und Nutzweiden ursprünglich auftritt, ist es nicht unwahrscheinlich, dass seine Sporen durch die Passierung eines thierischen Darmes ihre Keimkraft erlangen. Es dürfte sich daher empfehlen, entsprechend variirte Versuche damit zu machen, dass Champignonsporen Rindern und Pferden mit dem Futter verabreicht und die Faeces durch einen mit der gewöhnlichen Champignonzucht praktisch Vertrauten weiter behandelt werden, mit besonderer Berücksichtigung derjenigen Bedingungen, unter welchen der Champignon im Freien zu gedeihen pflegt. Auch Versuche, bei welchen jener Koth sowie frisch auf Koth gesäte Champignonsporen mistbewohnenden Insekten zum Frass ausgesetzt werden, würden sich empfehlen. Derartige Versuche können mit entscheidenden Resultaten nur in einer entsprechend ausgerüsteten Station durchgeführt werden.

---

## Zur Statistik des landwirtschaftl. Versuchswesens.

### Die schwedischen Versuchs-Stationen.[1])

Als Kompetenzbedingungen für die Stelle eines ersten Assistenten (zweiten Vorstandes) an den chemischen Stationen Schwedens, sobald diese vollends unter die Botmässigkeit des Staates gebracht sein werden,[2]) was in nächster Zeit der Fall sein wird, wurden von den kürzlich zu Stockholm tagenden Vorständen der chemischen Stationen die folgenden festgestellt.

1) Nach einer Mitteilung des Herrn C. G. Zetterlund in Örebro.

2) Die chemischen Stationen haben gegenwärtig einen Zuschuss von seiten des Staates von 50—80 pCt. ihrer Kosten; anderweitige Ausgaben werden von den landwirtschaftl. Gesellschaften der resp. Provinzen getragen.

Der Kandidat soll die Maturitätsprüfung bestanden haben, vollständiges Examen mit einem der zwei höheren Zeugnisse („cum laude“, „laudatur“) vor einem der Landbau-Institute des Reiches, das Examen als Kandidat des Doktorats („Philosophiekandidat“) mit dem höchsten Zeugnis („laudatur“) in der Chemie und dem nächst höchsten („cum laude“) in der Botanik und der Geologie, oder anstatt dieses Examens das vollständige Abiturientenexamen aus der chemischen Abteilung der technologischen Hochschule mit einem der höheren Zeugnisse in der Chemie, Geologie und Mineralogie. Es soll jedoch ein Philosophiekandidat vor einem, der aus der technologischen Hochschule hervorgegangen ist, bevorzugt werden.

Schweden besitzt zur Zeit folgende chemische Stationen:

| | Name der Station. | Gründungsjahr. | Adresse. | Vorstand. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Skara | 1877 | Skara. | O. Nylander. |
| 2 | Halmstad | 1877 | Halmstad. | E. Lyttkens. |
| 3 | Kalmar. | 1877 | Kalmar. | A. Atterberg. |
| 4 | Westerås. | 1877 | Westerås. | J. O. Bergstrand. |
| 5 | Örebo. | 1881 | Orebro. | C. G. Zetterlund. |
| 6 | Hernösand. | 1885 | Hernösand. | C. G. Strokirk. |
| 7 | Jönköping. | 1885 | Jönköping. | C. von Feilitzen. |

Neben diesen hat das Land noch zwei chemische Stationen und eine pflanzenphysiologische Versuchsstation.

Diese beiden chemischen Versuchsstationen sind: Ultuna bei Upsala, im Jahre 1860 errichtet. Vorstand Prof. Dr. Hampus von Post.

Die chemische Versuchsstation der K. landwirtschaftl. Akademie auf ihrem Experimentalfeld bei Albano, im Jahre 1862 gegründet. Vorstand Prof. Dr. L. F. Nilson.

Die pflanzenphysiologische Versuchsstation ist die der K. landwirtschaftl. Akademie auf dem Experimentalfeld bei Albano, welche im Jahre 1885 errichtet wurde. Vorstand Prof. Dr. J. Eriksson.

Ausserdem finden sich in Schweden 17 Samencontrol-Stationen, welche zum Teil vom Staate subventioniert werden.

Zwei weitere chemische Stationen sind zu Kristianstad und zu Gefle eben in Angriff genommen und ein Antrag an den jetzigen Reichstag wegen Errichtung einer besonderen chemischen Station für die Moorkultur des Landes ist so eben gestellt worden.

# Fachliterarische Eingänge.

*Sitzungsberichte* u. Abhandlungen der naturw. Ges. Isis in Dresden. 1889. Jan.-Juni. (Dresden 1889.) 8. 57 S.

*Mittheilungen* der Oekonom. Gesellschaft im Königreich Sachsen 1887/88. Dresden 1888. 8. 619 S.

*Abhandlungen* herausgg. vom Naturwiss. Vereine zu Bremen. X. Bd. Bremen (Ed. Müller ) 1889. S. 619 S.

*Festschrift* zur Feier des 25jähr. Bestehens des naturwissenschaftl. Vereins zu Bremen. 1889. 8. 324 S. mit 16 Tafeln.

*Jahresbericht* des landw. Vereins f. Rheinpreussen an den Herrn Minister f. Landwirthschaft etc. 1888. Mit Beilagen. Bonn 1889. 8. 56 S.

*Jahresbericht* der Kgl. Landwirthschafts-Gesellschaft zu Celle, Zentralverein f. d. Prov. Hannover. F. 1888. Hannover 1889. 8. 155 S.

*Protokolle* der Sitzungen des Zentral-Ausschusses der Kg. Ldw.-Ges. zu Celle. Vom 8. Juli 1888 u. 20.—23. Nov. 1888. Hannover 1889. 8. 220 S.

*Kejserliga Finska* hushållningssällskapets handlingar för år 1887. Abo 1889. 8. III und 264 S.

Dr. J. J. Herz: Die gerichtliche Untersuchung der Kuhmilch sowie deren Beurtheilung. Mit Holzschn. und Tabellen. Neuwied (Heuser). 1889. 8. 178 S.

E. Gatellier, H. l'Hote et Schribaux: Etudes sur le blé. 1. Richesse en gluten. 2. Création de nouvelles variétés par croisement artificiel Meaux. 1889. 8. 28 S.

Prof. Dr. F. Goppelsroeder: Ueber Capillaranalyse u. ihre verschiedenen Anwendungen, sowie über das Emporsteigen der Farbstoffe in den Pflanzen. Wien 1889. 8. 65 S.

Derselbe: Beilagen zu vorstehender Arbeit. Mühlhausen i. E. 1889. 8. 79 S.

Prof. Dr. J. Brümmer: Die Bedeutung des phosphors. Kalkes f. d. Ernährung der Hausthiere, sowie die Verhältnisse, unter denen seine Verabreichung besonders empfehlenswert ist. Osterwieck a. Harz 1889. 8. 76 S.

Ch. Joly: Note s. la culture de la vigne sous verre. Paris (Rougier) 1888. 8. 15 S.

J. C. Arthur: Report of the Botanist to the New-York Agric. Experiment Station Geneva N.-Y. 1888. 8. 29 S.

G. Caruso: Dei concimi chimici adoperati in copertura nella coltivazione del grano. I. Reihe. Firenze (Ricci) 1888. 8. 34 S.

A. V. Lönnegren: Svampbok, innehållande beskrifning öfver Sveriges allmännaste ätliga och giftiga svampar. Mit Abb. Stockholm 1889. 8. 72 S.

Dr. Ed. Hotter: Ueber die Phenacetursäure und ihre Derivate. Leipzig 1888. 8. 24 S.

Prof. Dr. G. Marek: Ueber den relativen Düngerwerth der Phosphate m. bes. Rücksichtnahme auf Thomasschlake, Knochenmehl, Peruguano und Koprolitmehl. Gekrönte Preisschrift. Mit 23 farb. Tafeln und 2 Abb. Dresden (Schönfeld) 1889. 8. 315 S.

Dr. Precht: Die Salz-Industrie v. Stassfurt u. Umgegend. 3. Aufl. Stassfurt 1889. 8. 16 S. (m. Tafel.)

Prof. Dr. E. v. WOLFF: Beiträge zur Theorie und Praxis der Düngung in den Ergebnissen von Feld- u. Vegetationsversuchen. (Abdr. a. d. 11. Aufl. d. „Prakt. Düngerlehre"). Berlin (P. Parey) 1889. 8. 62 S.

Dr. E. WEIN: Tabellen zur quantitativen Bestimmung der Zuckerarten. Nebst erläuterndem Texte. Stuttgart 1888. 8. 55 S.

Dr. F. JUDEICH u. Dr. H. NITSCHE: Lehrbuch der mitteleuropäischen Forstinsektenkunde mit Anhang: Die forstschädlichen Wirbelthiere. (Als 8 Aufl. von Ratzeburgs: Die Waldverderber und ihre Feinde). II. Abth. Spc.-Theil; I. Hälfte: Geradflügler, Netzflügler und Käfer. Mit 3 color. Tafeln, 3 illustr. Bestimmungstafeln u. 77 Textfiguren. Wien (Hölzel) 1889. 8. 623 S.

Dr. O. NICKERL: Carabus auroniteus Fabr. Ein Beitrag zur Kenntniss vom Lebensalter der Insecten. Prag 1889. 8. 11 S.

Prof. Dr. A. ZOEBL: Die 2. Mährische Braugerste-Ausstellung in Brünn 1887. Brünn 1889. 4. 13 S.

Dr. KURT RÜMKER: Anleitung zur Getreidezüchtung auf wissenschaftl. Grundlage. Berlin (P. Parey) 1889. 8. 183 S.

Dr. H. CREDNER: Die geologische Landesuntersuchung des Königr. Sachsen i. J. 1889. Mit 1 Uebersichtskarte. Leipz. 1889. 8. 8 S.

Dr. A. STUTZER: Stallmist und Kunstdünger. Bonn 1889. 8. 96 S.

CAMILLO ACQUA: Contribuzione allo Studio dei Cristalli di ossalato di calcio nelle piante. Rom 1888. 4. 15 S.

H. W. WILEY: Influence of Food, Animal Idiosyncrasie and Breed on the Composition of Butter. Toronto (Canada) 1899. 8. 8 S.

Derselbe: Composition of Sorghum Seed, with reference to its Feeding Value. Toronto 1889. 8. 11 S.

*U. S. Departement of Agrikulture*, office of Experiment Stations, W. O. ATWATER, Director: Experiment Station Report. Sept. 1889 (Vol. 1. No. 1). Washington 1889. 8. 56 S.

Dr. E. WEIN: Agriculturchemische Analyse, Handbuch für Unterrichtslaboratorien etc. Stuttgart 1889. 8. 204 p.

*Mittheilungen* des Kgl. Ungar. Handelsministeriums. Monatsheft 1889. IX u. X Heft. Budapest 1889.

Prof. G. THOMS: Die Ergebnisse der Düngerkontrole 1889. Dorpat. 1889. 8. 20 S.

*Bulletin* de la Station agronomique de l'Etat à Gembloux. No. 45. Brüssel 1889. 8. 48 S.

# Personal-Notizen.

Herrn Professor G. Thoms, Vorstand der landw. Versuchs-Station in Riga, wurde von der französischen Regierung das Diplom eines „Chevalier du mérite agricole“ zuerkannt.

Am 22. Dezember 1889 starb zu Kopenhagen Herr Emil Möller-Holst, der hochverdiente Leiter der Dänischen Samenkontrole.

Herrn Professor Dr. Herm. Hellriegel, Bernburg, ist von der Akademie in München für seine Entdeckungen auf landwirtschaftlichem Gebiete die grosse Goldene Liebig-Medaille zuerkannt worden.

---

Es liegen der Redaktion folgende Abhandlungen zum Abdruck in Band 37 der Zeitschrift vor:

1. Dr. J. Ritzema Bos: Ueber das kleine Wiesel (Foetorius vulgaris) als Mäusevertilger.
2. Prof. Dr. Ad. Prazmowski: Die Wurzelknöllchen der Erbse. I: Die Aetiologie und Entwicklungsgeschichte der Knöllchen (mit 2 lith. Tafeln).
3. Dr. H. Rodewald: Ueber die Fehlergrenzen der Reinheitsbestimmungen von Kleesaaten.
4. Dr. A. Stutzer: Untersuchungen über die Einwirkung von stark verdünnter Salzsäure, sowie von Pepsin und Salzsäure auf das verdauliche Eiweiss verschiedener Futterstoffe und Nahrungsmittel (mit 4 graph. Darstellungen).
5. Dr. A. Stellwag: Die Zusammensetzung der Futtermittelfette. (Aus dem Laboratorium der Königl. landwirtschaftlichen Central-Versuchs-Station für Bayern).
6. Prof. Dr. J. M. van Bemmelen: Die Zusammensetzung des Meeres-Schlicks in den neuen Alluvien der Zuiderzee (mit 2 Tabellen).
7. Derselbe: Die Zusammensetzung des vulkanischen Bodens in Deli (Sumatra) und Malang (Java) und des Flussthons in Rembang (Java), welche für die Tabakskultur benutzt werden (mit 4 Tabellen).
8. Derselbe: Die Bestimmung des Wassers, des Humus, der in dem colloidalen Silikate gebundenen Kieselsäure, des Schwefels etc. in der Ackererde.
9. Derselbe: Die Zusammensetzung der Ackererde. Nach Anleitung der in den vorhergehenden Abhandlungen mitgetheilten Analysen von gewöhnlichen und von vulkanischen Thonböden.
10. Dr. E. Mach und K. Portele: Nachweis und quantitative Bestimmung von Milch- und Buttersäure in Weinen, die aus verschlämmten Trauben in verschiedener Weise hergestellt werden.

Dr. E11.rnst Kramer: Untersuchungcn über das „Umschlagen“ des Weines (mit 2 lith. Tafeln).

12. Prof. Dr. J. M. van Bemmelen: Ueber die Ursachen der Fruchtbarkeit des Urwaldbodens in Deli für die Tabakskultur, und die Abnahme dieser Fruchtbarkeit.
13. Derselbe: Die Zusammensetzung der Asche der Tabaksblätter in Beziehung zu ihrer guten oder schlechten Qualität (mit 5 Tabellen).
14. Mitteilungen aus der pflanzenphysiologischen Versuchs-Station Tharand, XLV. Dr. E. Hotter: Ueber das Vorkommen des Bor im Pflanzenreich und dessen physiologische Bedeutung.

---

# Beiträge
# zur Kenntnis landwirtschaftlich-schädlicher Tiere; Untersuchungen und Beobachtungen

von

Dr. J. RITZEMA BOS,

Dosent d. Zoologie u. Tierphysiologie a. d. landwirtschaftl. Schule in Wageningen (Niederlande).

---

## XI. Über das kleine Wiesel (*Foetorius vulgaris*) als Vertilger der Feldmäuse.

Es giebt unter den Raubtieren sowie unter den Raubvögeln viele Arten, welche als Mäusevertilger nützlich werden, doch ist keine von ihnen in ihrer Wirkung in dieser Hinsicht dem kleinen Wiesel vergleichbar. Hauptsächlich während der Nacht, allein — insbesondere in Mäusejahren — auch am Tage, kann man es mit dem Mäusefange beschäftigt sehen. Beim Besuche eines mäusereichen Ackers sieht man es emsig an der Arbeit; sobald das kleine schlanke Tier in ein Mäuseloch hineinkriecht, sieht man die kleinen Nager wie besessen aus mehreren benachbarten Löchern hervorspringen; allein das Wiesel hat bald eine Feldmaus bei der Kehle gegriffen und ihr die Halsschlagader zerbissen, um das Blut seines Opfers zu geniessen. Indem das Wiesel, ganz wie seine Familiengenossen, die andern marderartigen Tiere, nur im Notfalle seine Beute frisst, sondern gewöhnlich ausschliesslich einen Teil ihres Blutes trinkt, braucht es an einem Tage viele Feldmäuse zu seiner Nahrung. Dazu kommt noch eine wahre Mordlust; denn auch, wenn es ganz gesättigt ist, tötet es immer fort, und so kann ein einziges Wiesel gelegentlich an einem Tage bis 25, vielleicht noch weit mehr

Mäuse töten. Ja seine Mordlust geht so weit, dass das sonst so scheue Tier sich durch Nichts in seiner Thätigkeit stören lässt, und nichts Anderes zu sehen scheint als Feldmäuse. In der Zeit, wo sie Junge haben, schleifen die Wiesel viele tote Mäuse in ihren Bau; in andern Zeiten, wenigstens in Mäusejahren, thun sie dies nicht, und sie brauchen es auch nicht zu thun, weil der nächste Tag ihnen wieder Beute genug liefert.

In mancherlei Hinsicht übertreffen die Wiesel in ihrer nützlichen Wirkung als Mäusevertilger alle andern Raubtiere und Raubvögel. Zunächst durch ihre immer weit grössere Anzahl; in zweiter Linie durch ihren schlanken, fast schlangenförmig beweglichen Körper, der es ihnen ermöglicht, die Feldmäuse wie kein anderes Tier in allen ihren Löchern und Gängen aufzusuchen, dann aber, last not least, durch die Thatsache, dass sie auch während des Winters ihre Mäusevertilgung fortsetzen. Es ist aus CRAMPE's[1]) Untersuchungen bekannt, dass im Herbste bisweilen die meisten der auf dem Felde lebenden Mäuse sterben; es bleiben gewöhnlich nur die stärksten und grössten Stücke übrig, welche im Anfange des Jahres geboren sind, also die Jungen der beiden ersten Sätze. Es kriechen also im Frühjahre nur wenige überwinterte Mäuse aus dem Boden hervor. Nur in sehr milden Wintern bleibt eine grössere Mäusezahl übrig, die auch während der kalten Jahreszeit gelegentlich ihr schädliches Treiben fortsetzen.[2]) Im letzten Falle, der jedoch eine relativ seltene Ausnahme bildet, kommen natürlich alle Mäusefeinde unter den Säugetieren und Vögeln in sehr grosser Anzahl, um die sich munter umhertreibenden Nager zu fressen. Wenn aber nur einige wenige Mäuse auf den Feldern und Äckern sich befinden, und daselbst ziemlich tief im Boden verborgen, in ihren Löchern überwintern, da werden sie ausschliesslich von den Wieseln verfolgt; sogar wenn der Schnee dicht die Felder bedeckt, lassen diese sich nicht abschrecken. Man darf sogar behaupten, dass sie in vielen Jahren nur einen sehr kleinen Bruchteil der Feldmäuse übrig lassen, welche sich im Anfange der kalten Jahreszeit zur Überwinterung

[1]) Dr. HUGO CRAMPE, in „FÜHLING's neue landwirtschaftliche Zeitung", 1870.

[2]) Vgl. meine „Kurze Notizen, das Auftreten und die Bekämpfung schädlicher Tiere betreffend", in „Landwirtschaftliche Versuchs-Stationen", 1887, S. 109.

schickten. Dieser Mäusefang mitten im Winter ist von grösster Bedeutung, weil jede überwinternde Feldmaus, bei relativ mässiger Vermehrung, im Herbste eine Nachkommenschaft von 200 Stück hervorgebracht haben kann.[1]) Die Wiesel nützen während des Winters in Hinsicht auf die Mäusevertilgung sogar weit mehr, als während des Spätsommers, wo jedes Wiesel vielleicht an einem einzigen Tage soviele Mäuse vertilgt, als während des ganzen Winters.

Allein auch während der warmen Jahreszeit und während des Herbstes nützen die Wiesel sehr viel, namentlich weil sie in Mäusejahren, bei sehr üppiger Nahrung, sich zum zweiten Male fortpflanzen, also zur Ernährung ihrer Jungen des zweiten Satzes einer grossen Mäusezahl bedürfen, während im Herbste diese jungen Wiesel selbständig zu rauben anfangen.

Zwar finde ich in keinem Buche diesen zweiten Satz erwähnt, doch hat eine zweite Fortpflanzung nichts Unwahrscheinliches, und Opel erwähnt dasselbe für das Eichhörnchen in Jahren, wo viele Nadelholzsamen vorrätig sind.[2])

Auch habe ich selbst in Mäusejahren einige Male im August, einmal sogar im September, Wieseljunge im Neste gefunden; öfter sah ich in diesem Monate die Wiesel getötete Feldmäuse in ihr Nest bringen; und dies thun sie, wenn sie keine Jungen haben, niemals.

Einen unfehlbaren Beweis für eine zweite Fortpflanzung in Mäusejahren bildet die Thatsache, dass in einem solchen Jahre die wirklich vorhandene Zahl der Wiesel weit grösser wird, als in einem andern. Erstreckten sich die Zählungen auf ein Beobachtungsgebiet von kleinem Umfange, so könnte man an eine blosse Wanderung der Wiesel aus einer mäusearmen in eine mäusereiche benachbarte Gegend denken. Doch gilt dies für einen grossen Umfang nicht. Für die Niederlande bestehen aus früheren Jahren sehr gewissenhaft zusammengestellte Übersichten über die Zahl der verschiedenen Raubtierarten, welche im ganzen Reiche sowie in seinen einzelnen Provinzen, Distrikten und Bürgermeisterschaften pro Jahr gefangen wurden. Zum Zwecke der Erhaltung resp. Beschützung des Wildstandes wur-

---

[1]) Vgl. Crampe's Aufsatz in „Fühling's neue landwirtschaftliche Zeitung“, 1870.

[2]) Fr. M. Eduard Opel, „Lehrbuch der forstlichen Zoologie“ S. 113.

den unter der Wirkung des Jagdgesetzes vom 11. Juli 1814 sowie des Jagdgesetzes vom 6. März 1852 von der Landes-Regierung Belohnungen erteilt für gefangene Raubtiere und Raubvögel. Es wurden also Tabellen über die in den verschiedenen Teilen des Landes getöteten Raubtiere und Raubvögel zusammengestellt. Bis 1. Juli 1857 war die Vorschrift, die Erteilung von Belohnungen betreffend, imperativ; bei der Einführung des jetzt noch in Holland geltenden Jagdgesetzes von 1857 wurde die Erteilung der Belohnungen fakultativ gestellt und alsbald wurden dann zum Nutzen der Landwirtschaft von der Landesregierung nicht länger Belohnungen gegeben.

Vom Jahre 1852 bis 1857 wurden im Ganzen in den Niederlanden den Bürgermeistern gezeigt an getöteten Wieseln:

| | | |
|---|---|---|
| 1852 . . . . | 5 425 | Stück. |
| 1853 . . . . | 8 856 | „ |
| 1854 . . . . | 16 424 | „ |
| 1855 . . . . | 25 639 | „ |
| 1856 . . . . | 9 974 | „ |
| 1857 . . . . | 22 131 | „ |

Die 1857 gefangene Anzahl von Wieseln würde sich noch etwas höher herausgestellt haben, wenn nicht bald nach der Einführung des neuen Jagdgesetzes die Erteilung der Belohnungen von der Regierung zeitweilig aufgehoben wäre.

In den offiziellen Rapporten über den Zustand der Landwirtschaft in den Niederlanden lesen wir, dass schon im Spätsommer 1853 in mehreren Teilen des Landes eine ungewöhnliche Anzahl Feldmäuse sich zeigte, dass diese sich im Jahre 1854, namentlich in 1855, stark vermehrten, während im Spätsommer und im Winter des Jahres 1855/56 die Mäuse in den meisten früher heimgesuchten Teilen der Niederlande ausgestorben schienen. Doch war der Sommer 1856 den Feldmäusen wieder günstig, während im Sommer 1857 die Zahl dieser Nager so stark zugenommen hatte, dass die Gewächse des Feldes in mehreren Gegenden gänzlich vernichtet waren und der Boden auf vielen Äckern siebförmig oder vielmehr schwammartig durchlöchert war. Die über Feldmäuse angehobenen Klagen fallen also vollkommen zusammen mit der grösseren Wieselzahl. Auf je grösserer Oberfläche die Mäuseplage sich erstreckte, in je mehr Gegenden des Königreichs gebären die Wieselweibchen einen zweiten Satz. Weil wir hier mit einem grossen Gebiete

zu thun haben, während nur einige Distrikte desselben (die Betuwe in der Provinz Gelderland, ein grosser Teil Südhollands, Oldambt in Groningen und ein Teil Frieslands) der Art des Bodens zufolge eine Feldmäuseplage gestatten, so kann an ein Einwandern aus anderen Ländern wohl nicht gedacht werden.

Wie stark das Auftreten der Mäuseplage auf das Erseinen vieler Wiesel influenziert, lässt sich aus folgender Tabelle deutlich ersehen. In der Provinz Groningen, wo namentlich das Oldambt in den Jahren 1854 und 1855 von Mäusen heimgesucht wurde, wurden in den Jahren 1852 bis 1857 nachfolgende Zahlen von Wieseln den Bürgermeistern zum Empfange der Belohnung vorgelegt:

| | |
|---|---|
| 1852 . . . . . . . | 438 |
| 1853 . . . . . | 872 |
| 1854 . . . . . . . | 6 658 |
| 1855 . . . . . . . | 11 534 |
| 1856 . . . . . . . | 332 |
| 1857 . . . . . . . | 965 |

In Groningen waren am Ende des Spätsommers und im Herbste des Jahres 1855 Epidemieen unter den Feldmäusen aufgetreten, wie es öfter am Schlusse einer Mäuseplage sich ereignet, so dass im Jahre 1856 fast keine Mäuse vorkamen. Natürlich verbreiteten die vorhandenen Wiesel sich über ein weit grösseres Gebiet, hauptsächlich um kleine Vögel und deren Eier zu rauben; und weil sie nicht wie in Mäusejahren in den mäusereichen Gegenden wie zusammengehäuft vorkamen, sondern an verschiedenen Stellen sporadisch, wurden nur relativ wenige Wiesel getötet. Doch war gewiss auch ihre wirkliche Anzahl in 1856 in Groningen eine nur geringe, sonst wären mehr als 332 Stück gefangen. Natürlich musste die in manchen Gegenden ungenügende Nahrung eine geringe Fortpflanzung verursachen; und es wurden die sterbenden Alten nur durch relativ sehr wenige Junge remplaziert.

In Gelderland trat zwar in 1855 in einigen Gegenden eine Mäuseplage ein, allein es war diese von geringer Bedeutung der kolossalen Mäusevermehrung von 1857 gegenüber. Doch gab es zwischen 1852 und 1857 kein einziges Jahr, wo man nicht entweder in dem einen oder dem andern Teile der Betuwe von Feldmäusen heimgesucht wurde. Es ist die Liste der 1852—1857 in Gelderland gefangenen Wiesel wieder sehr bezeichnend.

| | |
|---|---|
| 1852 | 1 384 |
| 1853 | 1 775 |
| 1854 | 1 807 |
| 1855 | 2 259 |
| 1856 | 1 376 |
| 1857 | 7 756 |

Dass die Wiesel nur in grösserer Zahl in denjenigen Distrikten vorkommen, wo die Mäuse sich stark vermehren können, ergiebt sich aus folgender Tabelle:

| Jahre. | Distrikt Veluwe. | Distrikt Zütphen. | Distrikt Rhein-Waal. | Distrikt Maas-Waal. |
|---|---|---|---|---|
| 1853 | 90 | 227 | 1154 | 256 |
| 1854 | 114 | 228 | 1230 | 236 |
| 1855 | 128 | 301 | 1343 | 494 |
| 1856 | 130 | 417 | 655 | 200 |
| 1857 | 131 | 616 | 6 159 | 712 |
| Zusammen: 1853—57 | 593 | 1 789 | 10 541 | 1 898 |

Die Veluwe stellt sich fast ausschliesslich aus hohem, armem Sandboden zusammen, also aus einem für die Vermehrung der Feldmäuse ganz ungeeigneten Boden; die Zahl der in diesem Distrikte gefangenen Wiesel war demzufolge eine nur sehr geringe, und durchschnittlich in jedem einzelnen Jahre ungefähr dieselbe.

Der Boden der Distrikte Zütphen und Maas und Waal stellt sich teilweise aus armem Sandboden, jedoch auch teilweise aus Thonboden zusammen; Feldmäuse kamen auf letzterm stellenweise zu grösserer Vermehrung, die Zahl der in diesen beiden Distrikten gefangenen Wiesel war desshalb immer grösser als in dem Distrikte Veluwe, allein weit geringer als im Distrikte Rhein-Waal (Betuwe), welches ganz und gar aus Thonboden besteht, und wo namentlich im Jahre 1857 die Mäuseplage in starkem Grade herrschte.

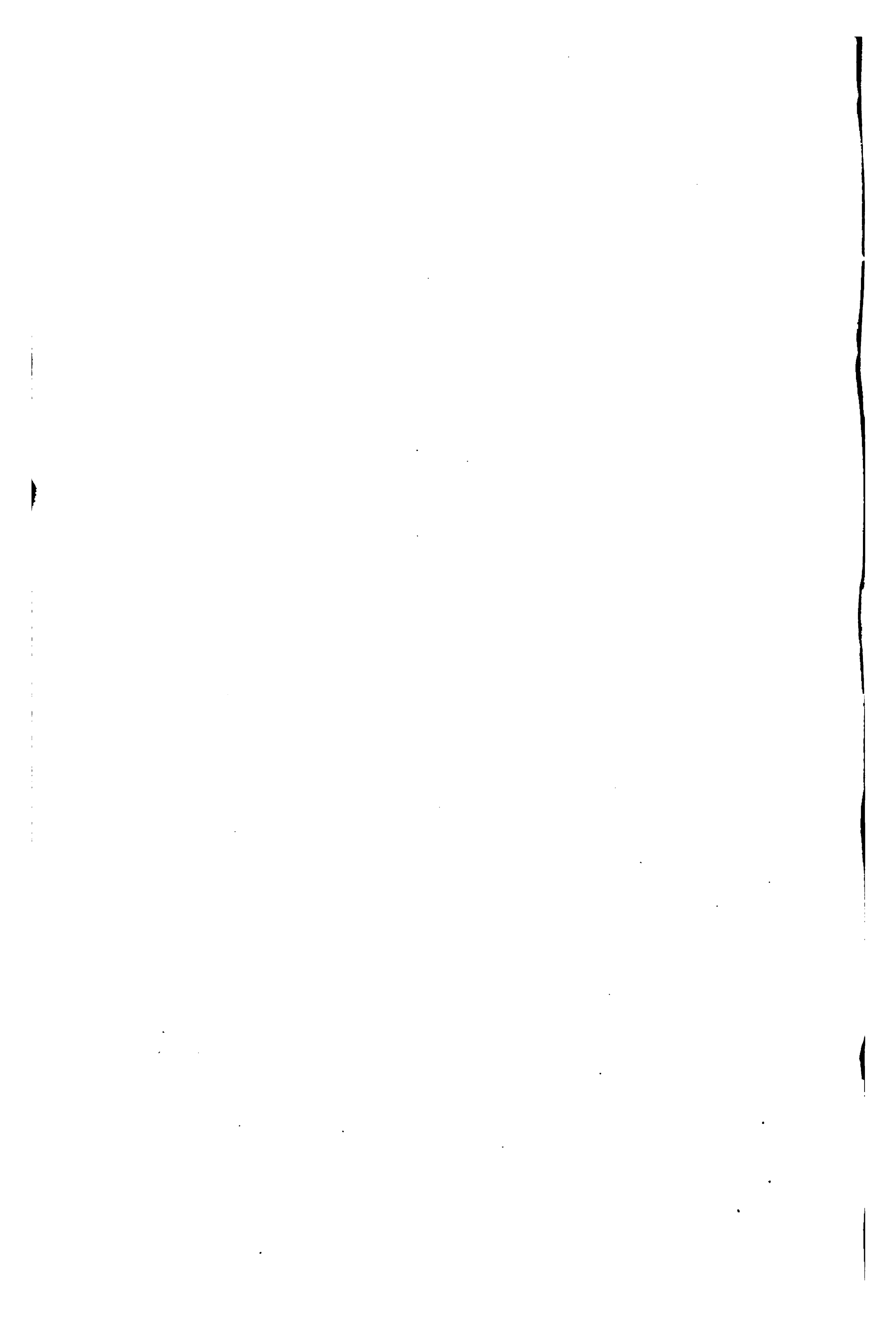
Eine noch deutlichere Einsicht in das Verhältnis zwischen der Mäuseplage und der Wieselzahl bekommt man, indem man dieselben für die verschiedenen Bürgermeisterämter eines von Feldmäusen in starkem Grade heimgesuchten Distrikts unter einander vergleicht. Ich wähle für diese Zusammenstellung das Distrikt Rhein-Waal (die sogenannte Betuwe).

Die folgende Anzahl Wiesel wurde gefangen:

| Bürgermeisterambt. | 1853. | 1854. | 1855. | 1856. | 1857. |
|---|---|---|---|---|---|
| Beest . . . . . . . | 29 | 76 | 37 | 9 | 743 |
| Bemmel . . . . . . | — | 1 | — | 2 | 1 |
| Beusichem . . . . . | 90 | 30 | 55 | 26 | 928 |
| Buren . . . . . . . . | 117 | 30 | 92 | 67 | 72 |
| Buurmalsen . . . . . | 45 | 2 | 14 | 3 | 78 |
| Culemborg . . . . . | 82 | 51 | 98 | 1 | 668 |
| Deil . . . . . . . . | 180 | 575 | 348 | 41 | 223 |
| Doodewaard . . . . | 9 | 5 | 2 | 6 | 3 |
| Echteld . . . . . . | 8 | — | 11 | 7 | 26 |
| Elst . . . . . . . . | — | — | — | — | — |
| Est en Opynen . . . | 17 | 8 | 12 | 7 | 77 |
| Geldermalsen . . . . | 120 | 96 | 159 | 52 | 568 |
| Gent . . . . . . . . | 16 | 4 | 14 | 21 | 28 |
| Haaften . . . . . . | 24 | 68 | 115 | 28 | 459 |
| Hemmen . . . . . . | — | — | — | — | — |
| Herwynen . . . . . | 78 | 146 | 206 | 2 | 140 |
| Heteren . . . . . . | — | — | — | — | — |
| Huissen . . . . . . | — | — | — | — | — |
| Kesteren . . . . . . | — | — | — | 2 | 5 |
| Lienden . . . . . . | 23 | 14 | 2 | 7 | 49 |
| Maurik . . . . . . | 274 | 66 | 101 | 317 | 1360 |
| Ophemert . . . . . . | — | — | 3 | 1 | 60 |
| Tiel . . . . . . . . | — | — | — | — | 20 |
| Valburg . . . . . . | 1 | — | 8 | 10 | — |
| Varik . . . . . . . . | — | — | — | — | — |
| Vuren . . . . . . . . | 16 | 4 | 21 | — | 40 |
| Waardenburg . . . . | 8 | 42 | 29 | 7 | 339 |
| Wadenoyen . . . . . | — | — | 6 | 2 | 44 |
| Yzendoorn . . . . . | — | — | 1 | 1 | 5 |
| Zoelen . . . . . . | 72 | 12 | 14 | 36 | 323 |
| Zusammen | 1154 | 1230 | 1343 | 655 | 6159 |

Für Bemmel, Doodewaard, Elst, Hemmen, Heteren, Huissen, Kesteren, Ophemert, Tiel, Valburg, Varik, Yzendoorn trat in den Jahren 1853—1857 niemals eine Mäuseplage auf; in den meisten dieser Bürgermeisterämter kommt sie, vielleicht hauptsächlich infolge der Beschaffenheit des Bodens, niemals vor. Wiesel werden daselbst entweder gar nicht oder nur in sehr geringer Anzahl gefunden. — In Beusichem, Buren, Deil, Geldermalsen, Herwynen, Maurik, Zoelen kommt fast jedes Jahr eine ziemlich grosse Mäusezahl vor; dementsprechend werden auch jedes Jahr daselbst relativ viele Wiesel gefangen. Ein wirkliches Mäusejahr hatte amtlichen Berichten zufolge Deil in 1854, Beusichem, Culemborg Geldermalsen, Haaften, Maurik, Waardenburg und Zoelen in 1857. Wer diese Berichte mit den für diese Bürgermeisterämbter in der letzten Tabelle aufgegebenen Wieselzahlen vergleicht, wird sich, glaube ich, von einer stärkeren Vermehrung der Wiesel in Mäusejahren überzeugt halten müssen.

Wageningen, November 1889.



# Über die Fehler der Reinheitsbestimmungen von Kleesamen, sowie über die Fortpflanzung der Fehler in der Gebrauchswertrechnung

von

Dr. H. RODEWALD.

In zwei kleinen Abhandlungen „über die Fehler der Keimprüfungen"[1]) habe ich gezeigt, wie man den mittleren und wahrscheinlichen Fehler der Keimprüfungen bei Klee- und Grassamen nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung finden kann, und dass die theoretisch berechneten Fehler mit der Praxis in Übereinstimmung sind. Hierdurch wurde es möglich, die günstigste Menge der einzukeimenden Samen zu finden, sowie ferner die bei zwei Parallel-Bestimmungen gestattete Abweichung zu berechnen und die Latitüden auf sicherer Grundlage zu normieren. Endlich konnte ich angeben, mit welcher Wahrscheinlichkeit die Methode arbeitet, wenn die vorgeschlagenen Normen angenommen werden.

Die vorliegende Arbeit hat den Zweck, die Reinheitsbestimmungen der Kleesaaten einer ähnlichen Untersuchung zu unterziehen.

## 1. Untersuchungen über die Gleichmässigkeit der Mischung, den mittleren und wahrscheinlichen Fehler in einem speziellen Fall.

Die allgemeinste Grundlage, auf welche diese Arbeit sich stützt, ist die Voraussetzung, dass die Saatpartien des Handels genügend gleichmässig gemischt sind, bez. sich mischen lassen; diese Voraussetzung musste deshalb zunächst geprüft werden.

---

[1]) Landw. Versuchs-Stationen Bd. XXXVI. pag. 105 resp. 215.

Zu dem Ende liess ich durch eine Saathandlung[1]) aus einer Partie von 100 Zentnern rheinischem Rotklee 100 Proben von durchschnittlich 22,2 g entnehmen. Die Art der Probeentnahme überliess ich der Saathandlung, welche dabei nach ihren Angaben so verfuhr, wie es im Handel üblich ist. Die Rotkleepartie war ungereinigt und befand sich in 50 Säcken. Aus jedem Sack wurden mittelst Probestecher 2 Proben entnommen. Von jeder der Proben wurden 8 g abgewogen und ausgelesen, wobei alle fremden Bestandteile und beschädigten Rotkleekörner zusammen geworfen und als „Beimengungen" (im Gegensatz zu den unbeschädigten Rotkleekörnern) dem Gewichte nach bestimmt wurden. Das Auslesen besorgte mein Gehülfe, der in derartigen Arbeiten eine grosse Übung besitzt. Es ergaben sich dabei folgende Zahlen:

| No. | Beimengungen. g | No. | Beimengungen. g | No. | Beimengungen. g | No. | Beimengungen. g | No. | Beimengungen. g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,40 | 21 | 0,34 | 41 | 0,41 | 61 | 0,39 | 81 | 0,35 |
| 2 | 0,36 | 22 | 0,35 | 42 | 0,44 | 62 | 0,32 | 82 | 0,40 |
| 3 | 0,29 | 23 | 0,43 | 43 | 0,43 | 63 | 0,36 | 83 | 0,35 |
| 4 | 0,35 | 24 | 0,37 | 44 | 0,37 | 64 | 0,30 | 84 | 0,38 |
| 5 | 0,35 | 25 | 0,36 | 45 | 0,38 | 65 | 0,36 | 85 | 0,33 |
| 6 | 0,33 | 26 | 0,37 | 46 | 0,35 | 66 | 0,39 | 86 | 0,32 |
| 7 | 0,39 | 27 | 0,32 | 47 | 0,31 | 67 | 0,34 | 87 | 0,33 |
| 8 | 0,42 | 28 | 0,35 | 48 | 0,40 | 68 | 0,37 | 88 | 0,38 |
| 9 | 0,32 | 29 | 0,35 | 49 | 0,36 | 69 | 0,40 | 89 | 0,35 |
| 10 | 0,35 | 30 | 0,34 | 50 | 0,41 | 70 | 0,34 | 90 | 0,34 |
| 11 | 0,34 | 31 | 0,37 | 51 | 0,34 | 71 | 0,39 | 91 | 0,33 |
| 12 | 0,35 | 32 | 0,35 | 52 | 0,36 | 72 | 0,41 | 92 | 0,42 |
| 13 | 0,33 | 33 | 0,41 | 53 | 0,37 | 73 | 0,32 | 93 | 0,32 |
| 14 | 0,37 | 34 | 0,34 | 54 | 0,38 | 74 | 0,34 | 94 | 0,35 |
| 15 | 0,31 | 35 | 0,37 | 55 | 0,40 | 75 | 0,34 | 95 | 0,35 |
| 16 | 0,35 | 36 | 0,32 | 56 | 0,32 | 76 | 0,40 | 96 | 0,37 |
| 17 | 0,35 | 37 | 0,33 | 57 | 0,37 | 77 | 0,32 | 97 | 0,32 |
| 18 | 0,33 | 38 | 0,38 | 58 | 0,40 | 78 | 0,39 | 98 | 0,40 |
| 19 | 0,38 | 39 | 0,35 | 59 | 0,39 | 79 | 0,42 | 99 | 0,31 |
| 20 | 0,33 | 40 | 0,53 | 60 | 0,38 | 80 | 0,34 | 100 | 0,38 |

[1]) Herrn J. H. Lembkes Saatgeschäft in Kiel sage ich für die gefällige Besorgung der Proben bei dieser Gelegenheit meinen besten Dank.

Das arithmetische Mittel aus allen 100 Bestimmungen beträgt 0,3622. Die Abweichungen der einzelnen Bestimmungen von diesem Mittel, gleichgültig, ob sie positiv oder negativ sind, bezeichnen wir als ihre Fehler, wobei wir aber nur bis auf 3 Dezimalstellen rechnen. Die Summe der Quadrate der sämtlichen 100 Fehler ist 0,133120.

Hieraus erhalten wir den mittleren Fehler m nach der Formel

$$m = \sqrt{\frac{[v\ v]}{n-1}},$$

worin $[v\ v]$ die Summe der Fehlerquadrate, $n$ die Zahl der Bestimmungen bedeutet.

$$m = 0,0367.$$

Dieser Fehler bezieht sich auf die Beimengungen der Ausleseprobe von 8 g. Auf 100 berechnet wird er 12,5 mal so gross. Von 8 g wurden im Mittel 8—0,3622 = 7,6378 g „rein“ erhalten, die Reinheit betrug demnach 95,47 %, der mittlere Fehler einer Bestimmung = 0,46 %.

Zu dem mittleren Fehler steht der wahrscheinliche Fehler $r$ in der konstanten Beziehung

$$r = 0,674\ m,$$

so dass der wahrscheinliche Fehler der Beimengungen von 8 g, mit dem wir hier am besten noch weiter rechnen = 0,0367 × 0,674 = 0,0247 oder 0,31 % ist.

Wenn wir den wahrscheinlichen Fehler kennen, so können wir die Fehler (die Abweichungen vom arithmetischen Mittel) nach Massgabe der Fehlerwahrscheinlichkeitsfunktion verteilen, wir können berechnen, wie viel Fehler von 100 zwischen 0 und zwischen 0,01, zwischen 0,01 und 0,02 u. s. w. liegen werden, wie ich das auch früher bei den Fehlern der Keimprüfungen gethan habe. Betreffs der Rechnung verweise ich deshalb auf meine früheren Ausführungen[1]) und lasse hier nur das Resultat der Rechnung folgen. Daneben gebe ich sogleich die Fehler, welche innerhalb der angegebenen Grenzen wirklich vorgekommen sind.

---

[1]) Landw. Versuchs-Stationen Bd. XXXVI, S. 221.

**Vergleichung der Fehler mit der Fehlerwahrscheinlichkeitsfunktion. $r = 0{,}0247$.**

| Grenzen | Anzahl Fehler zwischen nebenstehenden Grenzen. | |
|---|---|---|
| | berechnet | beobachtet |
| 0 —0,01 | 22 | 16 |
| 0,01—0,02 | 20 | 25 |
| 0,02—0,03 | 17 | 17 |
| 0,03—0,04 | 14 | 16 |
| 0,04—0,05 | 10 | 13 |
| 0,05—0,06 | 7 | 7 |
| 0,06—0,07 | 4 | 3 |
| 0,07—0,08 | 3 | 2 |
| 0,08—0,09 | 2 | 0 |
| 0,09—0,10 | 0 | 0 |
| 0,10—0,11 | 1 | 0 |
| 0,16—0,17 | 0 | 1 |

Im allgemeinen gehen die berechneten Fehler den beobachteten parallel, soweit man das überhaupt erwarten kann; dass die Zahl der kleinsten Fehler etwas abweicht, hat seinen Grund darin, dass nur bis auf 2 Dezimalstellen gewogen wurde. Erweitert man die Grenzen, so wird die Übereinstimmung besser. Zwischen 0—0,02 sollen der Berechnung nach 42 Fehler liegen, während nach der Beobachtung 41 vorhanden sind, eine Übereinstimmung, die nichts zu wünschen übrig lässt. Eine Abweichung aber ist hervorzuheben: ein Fehler nämlich liegt zwischen den Grenzen 0,16—0,17, er ist 0,168. Da der wahrscheinliche Fehler 0,0247 beträgt, so ist er fast das siebenfache desselben. Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens des siebenfachen wahrscheinlichen Fehlers ist 1 : 333 330, sonach können wir 3333 gegen 1 wetten, dass dieser Fehler unter 100 Bestimmungen das nächste mal nicht wieder auftritt, falls die Voraussetzungen, welche die Wahrscheinlichkeitsfunktion in Bezug auf diese Rechnung macht, erfüllt sind. Wer die Entstehung der Funktion kennt, der weiss, dass sie immer gilt, wenn grobe Fehler, die auf einem Versehen beruhen, ausgeschlossen sind. Da nun die Probe No. 40, welche jenen Fehler zeigte, tadellos ausgelesen und abgewogen war, so bleibt keine andere Annahme, als dass die Partie, aus welcher die Proben entnommen

wurden, an einer Stelle ungleichmässig gemischt war. Da ferner alle übrigen 99 Fehler sich in den durch die Funktion gestatteten Grenzen halten, so folgt weiter, dass die Mischung der Partie von 100 Centner Rotklee eine fast vollkommene war und ebenso die Probeentnahme. Dies ist ein erfreuliches Resultat, denn es zeigt, dass in der Praxis die Mischung der Kleesaaten ohne grosse Mühe fast vollkommen erreicht wird. Wir können die Abweichungen der einzelnen Bestimmungen nicht erheblich verringern, wenn wir auch noch so grosse Mühe auf die Mischung der Proben verwenden, vorausgesetzt, dass wir die Probe No. 40 ausschliessen.

Um diesen, übrigens vollkommen sicheren, Schluss auch empirisch zu bestätigen, habe ich sämtliche Proben mit Ausnahme der No. 40 wieder gemischt und mit Sieb und Spatel und durch Ausfliessenlassen solange durchgearbeitet, dass mir eine vollkommene Mischung erreicht schien, wenn sie überhaupt erreichbar ist. Darnach wurden wieder 100 Proben gezogen und abermals von dem erwähnten Gehülfen ausgelesen. Die Resultate giebt die folgende Tabelle.

| No. | Beimengungen. g | No. | Beimengungen. g | No. | Beimengungen. g | No. | Beimengungen. g | No. | Beimengungen. g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,32 | 21 | 0,36 | 41 | 0,42 | 61 | 0,38 | 81 | 0,33 |
| 2 | 0,37 | 22 | 0,33 | 42 | 0,37 | 62 | 0,36 | 82 | 0,38 |
| 3 | 0,37 | 23 | 0,33 | 43 | 0,41 | 63 | 0,38 | 83 | 0,38 |
| 4 | 0,37 | 24 | 0,36 | 44 | 0,33 | 64 | 0,33 | 84 | 0,34 |
| 5 | 0,39 | 25 | 0,36 | 45 | 0,36 | 65 | 0,34 | 85 | 0,29 |
| 6 | 0,39 | 26 | 0,28 | 46 | 0,38 | 66 | 0,41 | 86 | 0,33 |
| 7 | 0,36 | 27 | 0,27 | 47 | 0,35 | 67 | 0,36 | 87 | 0,39 |
| 8 | 0,36 | 28 | 0,35 | 48 | 0,35 | 68 | 0,37 | 88 | 0,35 |
| 9 | 0,34 | 29 | 0,29 | 49 | 0,38 | 69 | 0,32 | 89 | 0,36 |
| 10 | 0,37 | 30 | 0,34 | 50 | 0,37 | 70 | 0,31 | 90 | 0,34 |
| 11 | 0,36 | 31 | 0,32 | 51 | 0,33 | 71 | 0,35 | 91 | 0,33 |
| 12 | 0,33 | 32 | 0,46 | 52 | 0,37 | 72 | 0,38 | 92 | 0,36 |
| 13 | 0,33 | 33 | 0,41 | 53 | 0,36 | 73 | 0,32 | 93 | 0,38 |
| 14 | 0,37 | 34 | 0,40 | 54 | 0,32 | 74 | 0,35 | 94 | 0,38 |
| 15 | 0,36 | 35 | 0,41 | 55 | 0,36 | 75 | 0,36 | 95 | 0,34 |
| 16 | 0,32 | 36 | 0,49 | 56 | 0,33 | 76 | 0,36 | 96 | 0,35 |
| 17 | 0,35 | 37 | 0,44 | 57 | 0,27 | 77 | 0,37 | 97 | 0,35 |
| 18 | 0,35 | 38 | 0,43 | 58 | 0,32 | 78 | 0,37 | 98 | 0,35 |
| 19 | 0,39 | 39 | 0,38 | 59 | 0,33 | 79 | 0,37 | 99 | 0,35 |
| 20 | 0,39 | 40 | 0,39 | 60 | 0,34 | 80 | 0,38 | 100 | 0,37 |

Das arithmetische Mittel aus diesen 100 Bestimmungen beträgt 0,3586 statt 0,3622 bei den vorigen 100 Bestimmungen. Runden wir dasselbe auf 0,359 ab, berechnen die Fehler bis auf 3 Stellen und bilden die Summen der Quadrate, so erhalten wir $[v\ v] = 0{,}125\,540$, woraus sich der mittlere Fehler $m =$ 0,0356 und der wahrscheinliche Fehler $r = 0{,}0240$ ergiebt. Mit Hülfe des wahrscheinlichen Fehlers verteilen wir die Fehler nach ihrer Wahrscheinlichkeit zwischen dieselben Grenzen wie früher und erhalten folgende Tabelle:

Vergleichung der Fehler mit der Fehlerwahrscheinlichkeitsfunktion $r = 0{,}0240$.

| Grenzen | Anzahl der Fehler zwischen nebenstehenden Grenzen. | |
|---|---|---|
| | berechnet | beobachtet |
| 0,00—0,01 | 22 | 28 |
| 0,01—0,02 | 21 | 19 |
| 0,02—0,03 | 17 | 24 |
| 0,03—0,04 | 14 | 13 |
| 0,04—0,05 | 10 | 2 |
| 0,05—0,06 | 7 | 4 |
| 0,06—0,07 | 4 | 3 |
| 0,07—0,08 | 3 | 2 |
| 0,08—0,09 | 1 | 3 |
| 0,09—0,10 | 1 | 0 |
| 0,10—0,11 | 0 | 1 |
| 0,13—0,14 | 0 | 1 |

Man sieht, dass sich auch hier die Fehler nicht besser verteilen, als bei den ersten 100 Bestimmungen, und dass ferner der mittlere Fehler aus den 100 letzten Bestimmungen fast genau mit dem aus den 100 ersten Bestimmungen übereinstimmt. Hierdurch ist die theoretische Schlussfolgerung, dass die Mischung der Partieproben eine ebenso gleichmässige war, wie sie sich im Kleinen bei grösster Sorgfalt überhaupt erreichen lässt, empirisch durchaus gerechtfertigt.

Nunmehr ist es unsere Aufgabe, ein Prinzip aufzusuchen, mittelst welchem wir den mittleren Fehler theoretisch bestimmen können. Wir können ihn dann einmal mit dem empirisch gefundenen vergleichen und ferner auf andere Kleearten übertragen.

Bei gleichmässiger Verteilung der Saat hängt die Grösse des mittleren Fehlers (wenn grobe Fehler — Versehen beim Auslesen, Wägefehler etc. — ausgeschlossen sind) nur noch von der Menge, welche ausgelesen wird, oder von der hierin enthaltenen Anzahl Körner und fremder Bestandteile ab. Wir können das Auslesen auffassen als eine oft wiederholte Ziehung von gleichmässig verteilten Kugeln schwarzer und weisser Farbe, die den Zweck haben sollte, das Verhältnis der beiden Kugelsorten zu einander festzustellen. Die Grösse des mittleren Fehlers hängt dann von der Zahl der Ziehungen ab. Wir haben Gewichtsverhältnis und Zahlenverhältnis zu unterscheiden. Beide werden gleich sein, wenn alle Kugeln gleich schwer, wenn aber die schwarzen Kugeln etwa leichter sind, so müssen wir das Zahlenverhältnis, was bei den Ziehungen gefunden ist, noch mit den Verhältniszahlen der Kugelgewichte multiplizieren, um das Gewichtsverhältnis zu bekommen. Ganz ähnlich bei der Reinheitsbestimmung. Die Stellen der schwarzen und weissen Kugeln vertreten die reinen Kleekörner und die Beimengungen. Die Kleekörner können wir im Durchschnitt als gleich schwer betrachten und ebenso die fremden Beimengungen. Ich weiss wohl, dass dies nicht genau zutrifft und besonders die Beimengungen sehr verschiedenes Gewicht haben können. Das schadet aber für unsere Rechnung nichts, wenn wir mit grossen Zahlen operieren. Denn da wir nur das Gewichtsverhältnis der reinen Samen zu den Beimengungen feststellen wollen, so genügt es auch, wenn wir das Gewicht der reinen Samen im Durchschnitt sowie das der Beimengungen im Durchschnitt kennen.

Wir können nun auch den umgekehrten Weg einschlagen und aus dem bekannten Gewichtsverhältnis der reinen Samen zu den Beimengungen und den Durchschnittsgewichten das Zahlenverhältnis der Bestandteile und aus diesem und der Zahl der Ziehungen den mittleren Fehler ableiten. Diesen Weg will ich hier verfolgen und dabei als Beispiel die analysierte Rotkleeprobe zu Grunde legen.

Die Durchschnittsgewichte ergeben sich aus folgenden Bestimmungen: 5000 reine Rotkleekörner ohne Auswahl wogen 8,99 g, demnach 1 Korn = 0,00180 g. Ferner: 5,82 g fremde Bestandteile wurden gezählt, wobei jedes einzelne Stück, sei es nun fremder Same, Bruch, Sand oder was es wolle, als Einheit

galt. Es ergaben sich 5292 Stück. Das durchschnittliche Gewicht einer Beimengung ist demnach 0,00110 g.

Wie wir gesehen haben, ist die Reinheit des untersuchten Rotklees 95,47 %, das Gewichtsverhältnis der reinen zu den fremden Bestandteilen also wie 0,9547 : 0,0453. Das Zahlenverhältnis erhalten wir, wenn wir durch die zugehörigen durchschnittlichen Gewichte dividieren mit $\frac{0,9547}{0,00180} : \frac{0,0453}{0,00110}$ oder 530:41 oder noch mehr abgerundet wie 93 : 7. Wenn wir also 100 fehlerlose Ziehungen machen, so müssten wir 93 mal ein Kleekorn und 7 mal eine Beimengung fassen. Von 100 Zügen werden also 93 Züge die Reinheit 1 (resp. 100 %) und 7 Züge die auf Zahlen bezogene Reinheit 0 ergeben. Das arithmetische Mittel der Reinheit beträgt deshalb $\frac{93}{100}$. Da nun 93 mal die Reinheit 1 gefasst wurde, so ist der Fehler 93 mal : $+\frac{7}{100}$ und 7 mal : $-\frac{93}{100}$. Die Fehler werden alle 100 quadratiert, die Summe der Quadrate gebildet, durch 99 dividiert und dann die Quadratwurzel gezogen. Diese Rechnung ergiebt den mittleren Fehler einer Ziehung = 0,2564, unter der Voraussetzung, dass wir 100 einzelne Bestandteile auslesen. Würden wir nur eine Ziehung machen (quasi nur 1 Korn auslesen, so wird der mittlere Fehler in dem Verhältnis von $\sqrt{1} : \sqrt{100}$, d. h. 10 mal grösser und beträgt also 2,564. Bei der Reinheitsbestimmung jedoch haben wir 8 g, d. h. 7,6378 g reine Kleekörner und 0,3622 g Beimengungen ausgelesen. Die Zahl der Ziehungen finden wir hier, wenn wir durch das Gewicht eines Kornes dividieren. Es ergiebt sich:

| | | |
|---|---|---|
| rein . . . . | 4243 | Körner. |
| Beimengungen | 329 | „ |
| Summa | 4572 | Ziehungen. |

Der mittlere Fehler des arithmetischen Mittels verringert sich in dem Verhältnis, wie die Quadratwurzel aus der Anzahl der Fälle steigt. Wir müssen also den mittleren Fehler einer Ziehung verringern nach der Proportion:

$$\sqrt{4592} : \sqrt{1} = 2,564 : x$$

und erhalten $x = 0,0379$, als den mittleren Fehler, den wir der vorgetragenen Theorie nach beim Auslesen von 8 g begehen würden.

Wie man sieht, stimmt die theoretisch berechnete Zahl mit der durch die Erfahrung gegebenen (0,0367) ziemlich nahe

überein, die Abweichung beträgt nur + 3,3 %. Eine nähere Übereinstimmung können wir überhaupt nicht erwarten. Wir haben zwar durch die 100 Bestimmungen das arithmetische Mittel sehr genau gemessen, indessen nicht fehlerfrei (der Fehler der arithmetischen Mittel aus den ersten 100 Bestimmungen ist 0,00367), mithin können wir auch nicht erwarten, dass der mittlere Fehler einer Bestimmung absolut genau erhalten wurde. Ebenso dürfte die Rechnung auch nicht absolut genau sein, weil wir Durchschnittszahlen für die Korngrösse eingeführt haben.

## 2. Verallgemeinerung der Resultate des speziellen Falles.

Zunächst darf man wohl annehmen, dass sich alle Kleesamenarten inbezug auf die Leichtigkeit der Mischung gleich verhalten, und dass die im Handel vorkommenden Partien gleichmässig gemischt werden können und es auch wohl sind.

Wir sind dann in jedem Fall imstande, den mittleren Fehler einer Ziehung und daraus den mittleren Fehler beliebig vieler Ziehungen zu berechnen, wenn wir das mittlere Gewicht eines Korns der reinen Saat und das mittlere Gewicht der einzelnen Beimengungen sowie die Reinheit kennen. Es fragt sich, ob die bei der Rechnung in dem speziellen Fall angewandten Grössen genügend konstant sind, um verallgemeinert zu werden. Was das Korngewicht anbetrifft, so schwankt dieses z. B. beim Rotklee recht bedeutend — zwischen 1,138 bis 2,078 nach Nobbe[1]) — aber ich glaube, dass wir doch beruhigt eine Mittelzahl anwenden können, denn so grosse Abweichungen sind selten, und ausserdem können wir von der Mittelzahl lieber etwas nach oben abweichen, was zur Folge haben wird, dass wir bei kleinkörnigen Saaten etwas mehr auslesen, als die festzusetzende Norm an Körnerzahl vorschreibt, wodurch der mittlere Fehler etwas geringer würde, als ihn die Rechnung ergiebt. Ausserdem ist die Schwankung des Korngewichtes bei den übrigen gebräuchlichen Kleesaaten (Weissklee, Schwedklee etc.) nicht so gross, wie beim Rotklee.

Schwieriger zu erledigen ist die Frage nach dem mittleren Gewicht der Beimengungen. Die Beimengungen können sehr

[1]) Handbuch der Samenkunde. Berlin 1876. pag. 502.

verschiedenartiger Natur sein. In dem behandelten Falle bestanden dieselben in:

| | |
|---|---|
| Bruch . . . | 75 %. |
| fremde Samen | 10 „ |
| Sand . . . | 15 „ |

An fremden Samen waren vertreten: *Plantago lanceolata, Medicago lupulina Chenopodium album, Daucus Carota, Trifolium repens, Prunella vulgaris* etc.

Je nach der Natur der fremden Samen und des Sandes dürfte das mittlere Gewicht einer Beimengung anders ausfallen. Konstanter in seiner Zusammensetzung ist der Bruch, der im Wesentlichen aus wirklich zerbrochenen oder angeschlagenen sowie stark geschrumpften Körnern besteht. Da dieser nun aber stets den grössten Teil der Beimengungen ausmacht, wenigstens dann, wenn es sich um die im Handel vorkommenden Fälle handelt, so dürfen wir wohl ohne grossen Fehler ein konstantes Verhältnis des durchschnittlichen Gewichts eines Korns zu dem einer Beimengung annehmen. Ich bin mir wohl bewusst, dass wir sofort einen Fehler machen, wenn wir hierbei nicht mit grossen Zahlen rechnen, aber der Fehler gleicht sich immer mehr aus, je grösser wir die Zahlen nehmen. Wenn sonach bei Rotklee auch ein einigermassen konstantes Verhältnis resultiert, so dürfte doch dieses Verhältnis bei anderen Kleearten im allgemeinen nicht dasselbe sein, und die Verallgemeinerung der angewandten Rechnung stösst auf die Schwierigkeit, dass wir, um den mittleren Fehler zu finden, jedesmal das Verhältnis des Gewichts von einem reinen durchschnittlichen Korn zu einer durchschnittlichen Beimengung feststellen müssen. Dazu kommt noch, dass jede Reinheit ihren eigenen bestimmten mittleren Fehler hat. Wenn wir die Sache also so genau nehmen wollen, wie in dem vorausgeschickten speziellen Fall, so müssen wir auf eine allgemeine Bestimmung des mittleren Fehlers verzichten. Wenn wir aber unsere Aufgabe dahin beschränken, dass wir nur den maximalen mittleren Fehler bestimmen wollen, den wir machen, wenn die grössten Schwankungen in der Reinheit sowohl wie in dem Gewichtsverhältnis einer Beimengung zu einem reinen Korn zulässig sind, so ist die Aufgabe leichter lösbar, und wir kommen am leichtesten zu der Lösung, wenn wir unseren speziellen Fall weiter betrachten. Zur Feststellung der Latitüden genügt auch die

Lösung dieser Aufgabe. Wollten wir streng mathematisch verfahren, so könnten wir die bei dem speziellen Fall angewandte Rechnung in eine allgemeine Gleichung zusammenfassen. In dieser würden zwei Variable, von welchen der mittlere Fehler abhängig ist (die Reinheit und das Verhältnis der Gewichte einer Beimengung zu einem reinen Korn), auftreten. Durch Differentiation der Gleichung nach den beiden Variablen und dadurch, dass wir die Differentialquotienten einzeln gleich Null setzten, könnten wir dann das gesuchte Maximum des Fehlers bestimmen. Aber wegen der beiden Variablen, und weil die Gleichung sehr kompliziert ist, wird die Rechnung weitläufig. Deshalb will ich hier nur einige Beispiele ausrechnen, woraus das Gesetz der Abhängigkeit des mittleren Fehlers von der Reinheit und auch von dem Verhältnis der Gewichte einer Beimengung zu einem reinen Korn leicht ersichtlich sein wird.

Das erwähnte Verhältnis sei zunächst konstant und gleich 11 : 18, wie in dem Beispiel, so wird sich das Zahlenverhältnis der Bestandteile (rein zu den Beimengungen) und der mittlere Fehler einer Ziehung unter der Voraussetzung, dass nur 1 Korn ausgelesen wird, bei wechselnder Reinheit folgendermassen gestalten:

| Reinheit %. | Zahlenverhältnis. | Mittlerer Fehler einer Ziehung. |
|---|---|---|
| 95 | 92 : 8 | 2,727 |
| 90 | 85 : 15 | 3,589 |
| 80 | 71 : 29 | 4,561 |
| 70 | 59 : 41 | 4,943 |
| 60 | 48 : 52 | 5,023 |
| 50 | 38 : 62 | 4,878 |

Der mittlere Fehler, der aus dem Zahlenverhältnis der Bestandteile berechnet ist, wächst solange, bis dieses Verhältnis 50 : 50 oder 1 : 1 geworden, d. h. bis der Zahl nach ebenso viel Beimengungen als reine Samen vorhanden sind. Wenn nachher die Zahl der Beimengungen grösser wird, als die der Samen, so wird der Fehler wieder kleiner. Die Gründe dafür habe ich früher[1]) angegeben. Das Zahlenverhältnis ist berechnet aus der Reinheit und dem Gewichtsverhältnis 11 : 18. Wie man nun aber auch die Reinheit und das Gewichtsverhältnis einer Beimengung zu einem reinen Samen ändern mag, das Zahlenverhältnis kann nur variieren zwischen 0 : 1 und 1 : 1.

[1]) l. c. p. 110.

0 : 1 wird das Verhältnis in den Fällen, wo die Reinheit 100 oder 0 wird, 1 : 1 wird es, wenn der Zahl nach ebenso viel fremde Bestandteile, als reine Samen, vorhanden sind. Hieraus folgt, dass der mittlere Fehler einer Ziehung niemals grösser werden kann, als dem Zahlenverhältnis 1 : 1 entspricht, der diesem Verhältnis entsprechende mittlere Fehler aber ist 5,025 für eine Ziehung.

Die Grösse des maximalen mittleren Fehlers hängt nun von der Zahl der Ziehungen in der Weise ab, dass er sich in dem Verhältnis verringert, wie die Quadratwurzel aus der Zahl der Ziehungen (ausgelesenen Körnerzahl) steigt, und wir können die auszulesende Körnerzahl so normieren, dass der maximale mittlere Fehler jede beliebige Grösse erhält. Streng genommen sollten bei dieser Normierung die fremden Bestandteile mitgezählt werden. Für die praktischen Zwecke genügt es aber vollkommen, wenn wir einfach die Körnerzahl nehmen und diese aus den Korngewichten berechnen. Hier entsteht nun wieder die Frage, die ich auch schon früher bei den Fehlern der Keimprüfung besprochen habe, mit einer wie grossen Wahrscheinlichkeit unsere Methode arbeiten soll, und wie weit die Genauigkeit der Reinheitsbestimmungen für die Praxis nötig ist. In unserem speziellen Fall haben wir 4572 Körner ausgelesen, mithin ist der maximale mittlere Fehler einer solchen Reinheitsbestimmung,

$$\sqrt{4572} : \sqrt{1} = 5{,}025 : x \quad x = 0{,}0743.$$

Bei der prozentischen Berechnung der Reinheit wird auch der Fehler mit multipliziert. Er wird deshalb 12,5 mal so gross, also $\pm$ 0,928 %. Der maximale wahrscheinliche Fehler, nach welchem wir die Latitüden am besten normieren, ist 0,928 $\times$ 0,674 = $\pm$ 0,625 %. Bei den Keimprüfungen habe ich den dreifachen wahrscheinlichen Fehler als bestimmend für die Latitüde angenommen[1]). Wir arbeiten dann mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,957, d. h. in 1000 Fällen wird die Latitüde wahrscheinlich 957 mal nicht überschritten, dagegen wird sie wahrscheinlich in 1000 Fällen 43 mal überschritten werden; auf 22 Versuche käme also ein Fehlversuch. Ich glaube aus den früheren Gründen an dieser Normierung festhalten zu können; für den Fall, dass 4572 Körner ausgelesen

[1]) l. a. pag. 225.

werden, würde also die Latitüde der Reinheitsbestimmungen $0{,}625 \times 3 = \pm 1{,}875$ oder rund $\pm 2\,\%$, und die Wahrscheinlichkeit, mit der die Methode arbeitet, wäre dann genauer 0,9691, also unter 31 Bestimmungen wahrscheinlich eine, welche über die Latitüde differierte. Streng genommen gilt die Wahrscheinlichkeit für den ungünstigsten Fall, bei welchen die Zahlen der fremden und reinen Bestandteile sich wie 1 : 1 verhalten. Für alle übrigen Fälle ist die Wahrscheinlichkeit, mit welcher die Methode arbeitet, grösser. Für jeden einzelnen Fall die Wahrscheinlichkeit zu bestimmen, lässt sich nicht ausführen, da der Möglichkeiten zu viele sind.

Es kann nun die Frage aufgeworfen werden, ob es zweckmässig sei, die Latitüde noch dadurch zu verengen, dass wir den mittleren und damit auch den wahrscheinlichen Fehler herabsetzen, indem wir eine grössere Anzahl Samen auslesen. Diese Frage glaube ich verneinen zu müssen, denn die Arbeit wird dadurch ganz erheblich vermehrt, weil der wahrscheinliche Fehler sich nur in dem Masse verringert, in dem die Quadratwurzel aus der Zahl der ausgelesenen Körner steigt. Ferner hat es keinen Zweck, die Reinheitsbestimmungen übermässig genau zu machen, wenn wir bei den Keimprüfungen schon Latitüden von 3 resp. 5 % acceptieren mussten. Bei der Berechnung des Gebrauchswertes, wie wir noch später sehen werden, kompensieren sich die Fehler teilweise. Der Hauptzweck der genauen Reinheitsbestimmungen liegt darin, dass der Händler zur möglichsten Reinigung des Saatgutes angehalten wird, ein Zweck, der mit dieser Methode genügend erreicht werden kann.

Wir haben bislang nur die Latitüde bei Reinheitsbestimmungen von Rotklee berechnet. Es liegt auf der Hand, dass bei anderen Kleearten alle Verhältnisse dieselben bleiben, wenn wir dieselbe Anzahl Körner auslesen. Wir hatten 4572 Körner (8 g) angenommen, welche Zahl wir besser in die Quadratzahl 4900 abrunden. Wir können dann die mittleren Fehler für spezielle Fälle angenähert berechnen, wenn wir die mittleren Fehler einer Ziehung der verschiedenen Reinheiten durch 70 dividieren.

Bei Rotklee benutzen wir vielleicht zweckmässig die kleine Übersicht Seite 91, bei den anderen Kleearten, bei denen das ungefähre Verhältnis des Gewichts einer Beimengung zu dem

eines reinen Korns unbekannt ist, können wir einstweilen die Tabelle über die wahrscheinlichen Fehler der Keimprüfungen[1]), die ja nach demselben Prinzip berechnet ist, benutzen.

Legen wir für die Berechnung der auszulesenden Mengen der verschiedenen Kleearten die Tabelle über die absoluten Gewichte der im Handel auftretenden Samenarten von Nobbe[2]) zu Grunde, so erhalten wir abgerundet beispielsweise folgende Zahlen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Trifolium | pratense | L. | 8 g. |
| „ | repens | L. | 3 „ |
| „ | hybridum | L. | 3 „ |
| „ | incarnatum | L. | 16 „ |
| Medicago | lupulina | L. | 8 „ |
| | etc. | | |

Diese Zahlen sind ungefähr dieselben, die auf der hiesigen Samen-Kontrol-Station in Gebrauch sind.

Ich glaube, dass die hier angewandte Methode zur Bestimmung des Fehlers der Reinheitsbestimmungen die breiteste Grundlage bietet, die sich überhaupt finden lässt, und dass sie sich deshalb für eine allgemeine Normierung der Latitüden eignet. Da man aber über die Wahrscheinlichkeit, mit welcher die Methode arbeiten muss, naturgemäss verschiedener Ansicht sein kann, so liegt es mir fern, allgemeingültige Normen aufstellen zu wollen.

Die aus den hier vorgeschlagenen Normen resultierende geringe Wahrscheinlichkeit macht es nötig, dass in den Fällen, in denen Differenzen eintreten, die Untersuchung wiederholt wird.

Wenn wir diese Bedingung festhalten, so glaube ich, dass die vorgeschlagenen Normen für die Praxis ausreichen und dass mit dem geringsten Quantum von Arbeit das grösstmöglichste erreicht wird.

Endlich halte ich es für wahrscheinlich, dass sich die Berechnungen auf die Reinheitsbestimmungen der Grasfrüchte übertragen lassen, soweit diese gleichmässig gemischt werden können. Doch eine endgültige Entscheidung hierüber muss ich einer späteren Arbeit überlassen, für die noch erst das thatsächliche Material beschafft werden muss.

---

[1]) l. c. pag. 110.

[2]) Handbuch der Samenkunde, Berlin 1876. pag. 500.

### 3. Der Fehler des Gebrauchswertes.

Die Fehler der Reinheit und Keimfähigkeit lassen sich, wie ich gezeigt habe, bestimmen und darnach die Latitüden normieren. Der „Gebrauchswert“, d. h. die Keimfähigkeit der rohen Ware, wird aus der Reinheit und Keimfähigkeit berechnet, und es entsteht die Frage, wie gross ist der Fehler des Gebrauchswertes, wenn die Fehler der Reinheit und Keimfähigkeit gegeben sind. Diese Frage ist eine rein mathematische und lässt sich in folgender Weise beantworten.

Bedeutet $R$ die Reinheit, $m$ den mittleren Fehler derselben, $K$ die Keimfähigkeit, $m$ den mittleren Fehler derselben und $G$ den Gebrauchswert, dessen mittlerer Fehler gleich $M$ sein mag, so ist

$$G \pm M = \frac{(R \pm m)\,(K \pm m_1)}{100},$$

$$\begin{aligned} 100\,G \pm 100\,M &= RK \pm Km \pm Rm_1 \pm m.\,m_1. \\ 100\,G &= RK \\ \hline 100\,M &= Km \pm Rm_1 \pm m.\,m_1 \qquad \text{(I).} \end{aligned}$$

Man sieht, dass sich der mittlere Fehler der Reinheit mit der Keimfähigkeit, derjenige der Keimfähigkeit mit der Reinheit und schliesslich beide Fehler mit einander multiplizieren. Die letzten drei Glieder der Gleichung sind also „mittlere Fehler“, die addiert werden müssen. Wenn sich bei der Multiplikation die mittleren Fehler nur nach Massgabe der Faktoren ändern, so kommen bei der Addition der Produkte die Vorzeichen inbetracht: negative und positive Fehler werden sich kompensieren. Da die Vorzeichen der mittleren Fehler unbestimmt sind, so müssen wir die Frage zu beantworten suchen, wie sich die mittleren Fehler ändern, wenn zwei Grössen, deren mittlere Fehler bekannt sind, addiert beziehungsweise subtrahiert werden.

Diese Frage beantwortet das sogen. Fehlerfortpflanzungsgesetz: „Der mittlere Fehler einer Summe oder Differenz zweier unabhängig gemessener Grössen ist gleich der Quadratwurzel aus der Quadratsumme der mittleren Fehler der gemessenen Grössen“.[1]) Bedeutet also $M$ den mittleren Fehler der Summe

---

[1]) W. Jordan, Handbuch der Vermessungskunde, Stuttgart 1888. Bd. I pag. 14, woselbst die Ableitung dieses Gesetzes gegeben ist.

$m$ und $m_1$ die mittleren Fehler der Summanden so ist

$$M^2 = m^2 + m_1^2, \text{ oder}$$

$$M = \sqrt{m^2 + m_1^2}$$

Sind mehr als zwei Grössen mit den mittleren Fehlern $m, m_1, m_2$ zu addieren, so führt die wiederholte Anwendung des Gesetzes zu der Gleichung

$$M = \sqrt{m^2 + m_1^2 + m_2^2 + \ldots},$$

dieses auf unsere Gleichung (I) angewandt giebt

$$M = \sqrt{\frac{(mK)^2 + (m_1\ R)^2 + (m\ m_1)^2}{10000}}$$

Hiernach lässt sich also der mittlere Fehler $M$ des Gebrauchswertes aus der Höhe der Reinheit und Keimfähigkeit und deren mittleren Fehlern bestimmen. Derselbe ändert sich mit den Grössen, aus welchen er berechnet wird. Jeder Gebrauchswert hat also seinen eigenen mittleren Fehler, ähnlich wie jede Keimfähigkeit und Reinheit auch ihre eigenen mittleren Fehler haben.

Dieser Verhältnisse wegen müssen wir also wieder das Maximum jener Gleichung aufsuchen. Man sieht ohne weiteres, dass der grösste Wert für $M$ dann erhalten wird, wenn $K$ und $R$ die grösstmöglichsten Werte annehmen, also $= 100$ werden. Wenn wir diese Werte und die mittleren Fehler, welche zur Normierung der Latitüden gedient haben, in die Gleichung einsetzen, so erhalten wir den grössten mittleren Fehler, den der Gebrauchwert überhaupt annehmen kann, falls die Latitüden der Reinheit und Keimfähigkeit nicht überschritten werden.

Wir haben nun die letzteren nicht nach dem mittleren, sondern nach dem wahrscheinlichen Fehler festgesetzt. Da aber dieser dem mittleren proportional ist, so können wir auch die Latitüden selbst als wahrscheinliche Fehler an Stelle des mittleren Fehlers in unsere Gleichung einsetzen und erhalten dann die maximale wahrscheinliche Abweichung des Gebrauchswertes, d. h. die Latitüde des Gebrauchswertes.

Die Latitüde der Keimfähigkeit, wenn letztere über 90 %₀ liegt, ist 3 %, wenn sie unter 90 % liegt, 5 %[1]), die der Reinheitsbestimmung 2 %. Wir erhalten demnach als Latitüden

[1]) l. c. pag. 227.

des Gebrauchswertes, wenn die Keimfähigkeit über 90 % liegt:

$$\sqrt{\frac{(2.100)^2 + (3.100)^2 + 6}{10000}}$$

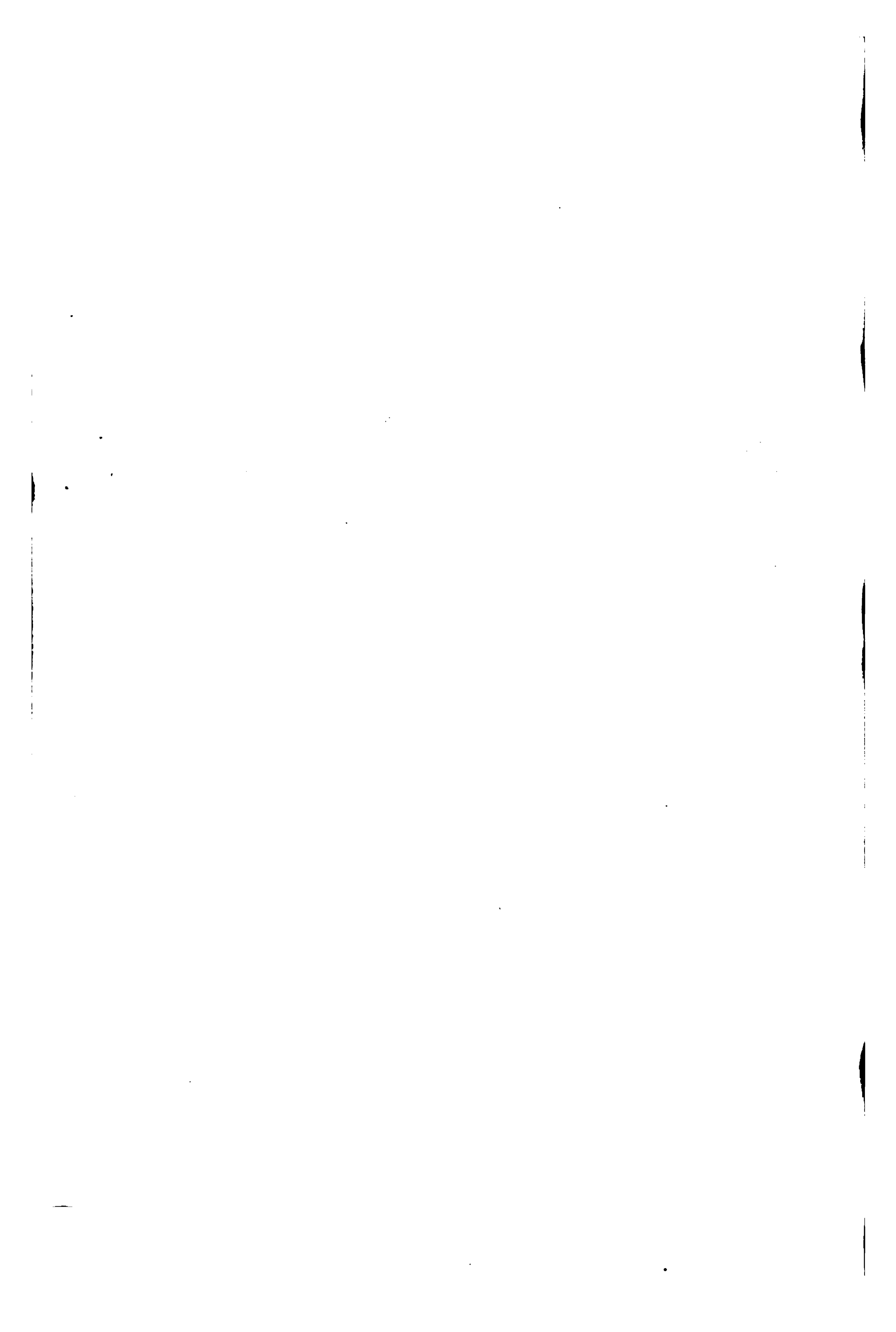
= 3,6 %, wenn sie zwischen 90 und 50 liegt:

$$\sqrt{\frac{(2.100)^2 + (5.100)^2 + 10}{10000}}$$

= 5,4 %.

Es ist beachtenswert, dass der mittlere resp. wahrscheinliche Fehler des Gebrauchswertes bei gegebenen mittleren Fehlern der Reinheit und Keimfähigkeit kleiner wird, wenn die Reinheit und Keimfähigkeit sich verringern, dagegen grösser wird, wenn diese wachsen. Nun wissen wir, dass die mittleren Fehler der Reinheit und Keimfähigkeit wachsen, wenn letztere selbst sinken. Die Gebrauchswertrechnung giebt hier also wieder eine willkommene Kompensation.

Kiel, Samen-Kontrol-Station, im November 1889.



# Untersuchungen über die Einwirkung von stark verdünnter Salzsäure, sowie von Pepsin und Salzsäure auf das verdauliche Eiweiss verschiedener Futterstoffe und Nahrungsmittel.

Von

A. STUTZER.

(Mit 4 graphischen Darstellungen.)

## I. Der Zweck der Versuche und allgemeine Angaben über die Untersuchungsmethode.

Durch Anwendung des früher von mir in Vorschlag gebrachten Verfahrens zur künstlichen Verdauung der Proteinstoffe wird ermittelt, wieviel von dem Protein beliebiger Untersuchungssubstanzen durch die Einwirkung von saurem Magensaft und alkalischer Bauchspeichelflüssigkeit unter möglichst günstigen Verhältnissen verdaut werden kann.

Im Anschluss hieran sind in letzter Zeit von mir weitere Versuche ausgeführt, welche eine Beantwortung folgender Frage bezweckten: Wird bei der Prüfung verschiedener Futtermittel das darin enthaltene verdauliche Eiweiss durch **Pepsin und Salzsäure mit gleicher Schnelligkeit** gelöst, oder ist die Löslichkeit der verdaulichen Eiweissstoffe eine ungleiche?

Meine Aufgabe bei Ausarbeitung der Methode musste darin bestehen, alle Einflüsse, welche auf Futtermittel verschiedenen Ursprungs wirken sollten, möglichst gleich zu stellen, damit der Unterschied nur in der Art des Futtermittels lag. Eine absolute Gleichstellung, — so dass lediglich die verschiedene Beschaffenheit der betreffenden Eiweisssubstanz hervortrittt — war aus dem Grunde nicht durchzuführen, weil es nicht möglich ist, die Eiweissstoffe von den anderen Futter-

bestandteilen (Fett, Cellulose etc.) quantitativ und ohne Zersetzung zu trennen. Die event. zu beobachtenden Unterschiede bei Prüfung verschiedener Futtermittel sind demnach teilweise nicht nur durch die chemische Beschaffenheit der Eiweisssubstanz bedingt, sondern sie können wahrscheinlich auch durch vorhandene Nebenbestandteile des betreffenden Futtermittels beeinflusst sein. Es ist beispielsweise denkbar, dass durch einen hohen Fettgehalt die Einwirkung von Magensaft auf Eiweiss verzögert wird, indem das Fett die Eiweisssubstanz vielleicht teilweise umhüllt. Um diese Nebenwirkungen auf ein geringes Mass einzuschränken, wurde bei den Versuchen folgendes beachtet:

Der Feinheitsgrad der zu prüfenden Substanzen wurde möglichst gleich gestellt. Das Untersuchungsobjekt liessen wir durch ein Sieb von 1 mm Lochweite absieben, und diejenigen Anteile daran entfernen, welche ein Sieb von 0,5 mm Lochweite passierten. (Später mitzuteilende Versuche sind auch mit Substanzen von anderer Korngrösse ausgeführt.)

Die Substanz wurde nur im aufgequollenen Zustande verwendet, damit die Zellwände dem Eindringen der Verdauungsflüssigkeit einen wesentlichen mechanischen Widerstand nicht entgegen zu setzen vermochten. Die abgewogenen Proben liessen wir 14—16 Stunden lang (eine Nacht hindurch) mit Wasser in Berührung. Das Wasser war mit Chloroform gesättigt. Letzteres verhinderte die Fäulnis und übte, wie später mitzutheilende Versuche ergaben, einen nachteiligen Einfluss auf die Wirkung des Magensaftes nicht aus.

Für je 100 mg Stickstoff in Form von verdaulichem (pepsinlöslichem) Eiweiss haben wir stets gleiche Mengen Flüssigkeit verwendet. Der Gehalt der letzteren an HCl, sowie an Pepsin war indes bei den einzelnen Versuchsreihen ein wechselnder, weil die Wirkung dieser beiden lösenden Agentien genauer verfolgt werden sollte. Das Erwärmen der zu untersuchenden Substanz mit Magensaft, bezw. mit Salzsäure geschah stets bei Bluttemperatur und eine genau bemessene Zeit hindurch.

Die Salzsäure wirkt auf vorhandenes Eiweiss sehr energisch ein. Schon 0,05 bis 0,10 % Chlorwasserstoff (teils mit, teils ohne Beigabe von Pepsin) waren imstande, beträchtliche Mengen von Eiweiss zu lösen. Daher erschien es zweckmässig, stark

verdünnte Verdauungsflüssigkeiten anzuwenden und grössere Mengen von denselben zu gebrauchen. Die lösende Einwirkung von Pepsin und Salzsäure sollte innerhalb einer gewissen, nicht zu langen Zeitdauer ermittelt werden. Hierbei war erforderlich, das ungelöst bleibende Eiweiss dem Einflusse des Verdauungsfermentes, bezw. der Salzsäure, schnell zu entziehen. Dies gelang nicht, wenn die ungelöste Substanz auf einem kleinen Filter allmählig gesammelt, mit Wasser ausgewaschen und in dem Rückstande der N. bestimmt wurde, sondern der erwähnte Zweck liess sich nur dadurch erreichen, dass die Flüssigkeiten auf ein grosses, schnell durchlassendes Faltenfilter gegossen, und vom Filtrat sofort ein aliquoter Teil zur N.-Bestimmung verwendet wurde. Auch aus diesem Grunde war die Anwendung einer grösserer Menge stark verdünnter Verdauungsflüssigkeit zweckmässig.

## 2. Untersuchungen über die zweckmässigste Menge der anzuwendenden Salzsäure und des Magensaftes sowie über die einzuhaltende Zeitdauer der Erwärmung.

### a) Versuche mit Weizenkleie[1].

Von einer gewöhnlichen Weizenkleie sind bei nachstehenden Versuchen diejenigen Anteile benutzt, welche ein Sieb von 1 mm Lochweite passiert hatten und durch ein Sieb von 0,5 mm Lochweite nicht absiebbar waren. Die Analyse der Nh.-Bestandteile ergab Folgendes:

| | |
|---|---|
| Gesamtstickstoff | 2,44 % |
| N. in Form von Amiden | 0,22 „ |
| N. in Form von pepsinlöslichem[2]) Eiweiss | 1,60 „ |
| N. nicht pepsinlöslich | 0,62 „ |

---

[1]) Erläuterungen zu den graphischen Darstellungen. — Durch die horizontalen Linien wird angedeutet, wieviel von 100 mg N. in Form von verdaulichem Eiweiss gelöst ist.

Die ———— Striche beziehen sich auf die Verdaulichkeit, welche bewirkt wurde bei Gegenwart von 100 ccm Magensaft nach einer 30 Minuten lang fortgesetzten Erwärmung auf + 38—40° C. Die punktierten ....... Striche geben die Wirkung der Salzsäure, ohne Pepsin, an.

Durch die vertikalen Linien wird angegeben, wieviel H Cl. bei den Versuchen verwendet ist. Die erste Linie bezieht sich auf reines, destilliertes Wasser, dann folgt 0,01 — 0,02 — 0,03 — 0,04 — 0,05 — 0,10 und schliesslich 0,20 % H Cl.

[2]) Ermittelt durch 24stündiges Erwärmen von 2 g Substanz mit 400 ccm Magensaft, 0,2 % H Cl. enthaltend, auf + 40° C. Siehe landw. Vers.-Stat. 36. Bd. S. 231. Die Bezeichnungsweise „pepsinlöslich“ ist in diesem Sinne nachstehend wiederholt gebraucht.

**Für jeden der nachstehend erwähnten Versuche wurden 6,25 g dieser Weizenkleie abgewogen, welche Menge genau 100 mg N. in pepsinlöslicher Form enthielt.**

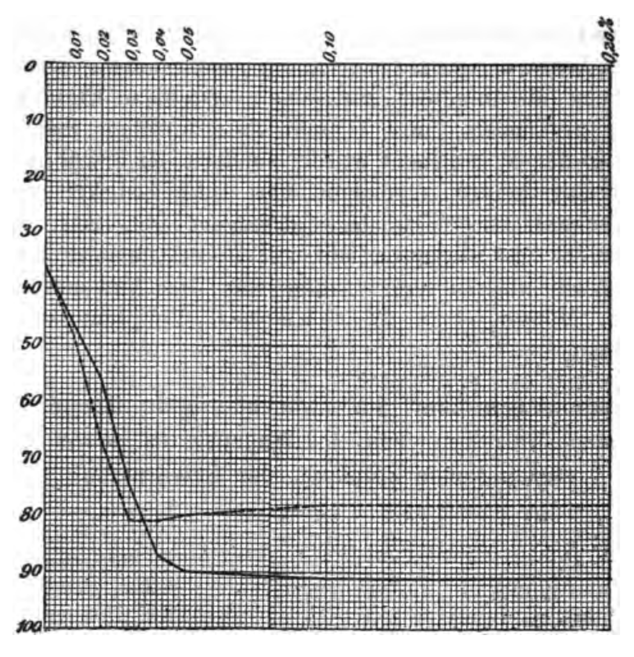



Fig. 1.

Die abgewogene Kleie brachten wir in Erlenmeyerkolben von ungefähr $^{3}/_{4}$ Liter Rauminhalt, und fügten 100 ccm Wasser hinzu, welches Wasser vor dem Abmessen auf + 40° C. erwärmt und mit Chloroform gesättigt war. Eine Nacht hindurch blieb das Gemenge stehen, wurde am folgenden Tage auf + 40° C. angewärmt und dann mit den in der Tabelle angegebenen Flüssigkeiten versetzt, nachdem letztere zuvor ebenfalls auf 40° C. angewärmt waren. Die Mischung dieser hinzuzusetzenden Flüssigkeiten geschah im Kolben von 400 ccm Rauminhalt, indem zunächst die Salzsäure und der Magensaft hineingegossen und nun mit Wasser bis zur Marke aufgefüllt wurde. Wir stellten die Erlenmeyerkolben nebst Inhalt in ein zuvor auf genau + 40° C. erwärmtes Wasserbad, liessen die Flüssigkeiten nun teils 30, teils 60 Minuten lang auf die Weizenkleie

einwirken und schüttelten während dieser Zeit in Zwischenräumen von je 5 Minuten die Flüssigkeit einmal gelinde um. — Sodann wurde filtriert, von dem warmen Filtrat möglichst schnell je 100 ccm abgemessen und hierin nach der Methode KJELDAHL der N. bestimmt. Zum Filtrieren benutzten wir grosse doppelte Faltenfilter, welche sehr durchlässig waren (hergestellt aus dem Papier [Marke W. 45/45] von WENDEROTH - Cassel). Die genaue Einhaltung der Zeitdauer während der Erwärmung und möglichst schnelles Filtrieren und Abmessen der 100 ccm nach dem Erwärmen ist bei Control-Versuchen zur Erzielung guter Übereinstimmung der Resultate erforderlich. Der Control-Versuch wurde als ungenau betrachtet, wenn bei der Analyse der 100 ccm Flüssigkeit die Differenz im N.-Gehalt mehr als 1 mg betrug.

Bei den mit Magensaft ausgeführten Versuchen musste selbstverständlich der darin ursprünglich enthaltene N. in Abzug gebracht worden. An N. war hierin vorhanden:

in 50 ccm = 0,0400 g N.<br>
„ 100 „ = 0,0800 „ „<br>
„ 150 „ = 0,1200 „ „

Bezüglich der Herstellung dieser Verdauungsflüssigkeit verweisen wir auf die Mitteilungen im Bd. 36, S. 323 dieser Zeitschrift, bemerken indes, dass der Säuregehalt nicht auf 0,2 sondern für die ersten Versuche, bei denen häufig sehr wenig Säure genommen werden sollte, auf 0,1 % HCl bemessen, und statt der dort empfohlenen Salicylsäure als Konservierungsmittel minimale Mengen von Thymol zugesetzt wurden (= 0,04 %). In einigen Fällen kam bei nachstehend mitgeteilten Versuchen noch weniger als 0,1 % HCl in Anwendung, indem die vorhandene Säure durch eine stark verdünnte Sodalösung von bekannter Neutralisations-Fähigkeit bis auf den im Einzelfalle gewünschten Gehalt abgestumpft wurde. — Die bei den Versuchen mit sehr schwachem Säuregehalt benutzte, verdünnte Salzsäure hatte nur 0,1 % HCl, um ein genaues Abmessen derselben ohne Schwierigkeiten zu ermöglichen. Eine Säure, welche genau 10 g HCl in 100 ccm enthielt, wurde durch Verdünnung mit destilliertem Wasser zunächst in eine 1 %ige, und diese in eine $^1/_{10}$ %ige Säure verwandelt. Bei anderen Versuchen bedienten wir uns einer 1 %igen Säure. Die weiteren Versuchsbedingungen sind aus nachstehender Tabelle ersichtlich.

Alle dort mitgeteilten Stickstoff-Bestimmungen wurden doppelt ausgeführt, und ist das Mittel beider Analysen als massgebend angenommen, falls eine völlige Übereinstimmung nicht erzielt war. Zeigten diese beiden Analysen untereinander eine Abweichung von mehr als 1 mg Stickstoff (bei Untersuchung der 100 ccm Flüssigkeit), so ist der betreffende Verdauungsversuch wiederholt.

## Erste Versuchsreihe.

| No. des Versuchs | In 500 ccm Flüssigkeit sind enthalten: | | | | Zeitdauer der Einwirkg. auf + 38—40° C. | Gefundener N in 100 ccm des Filtrats | An N sind demnach in 500 ccm enthalten | Nach Abzug des Amid-Stickstoffs (=13,75 mg) sowie des im Magensaft urspr. vorhand. N verbleiben für gelösten N in Form v. pepsinlösl. Eiweiss: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | saurer Magensaft | saures Wasser | Gesamtgehalt der verwendeten Flüssigkeiten an HCl | | | | | |
| | ccm | ccm | g in 500 ccm | pCt. | Minuten | mg | mg | mg |
| 1. | — | 500[1] | — | — | 30 | 9,833 | 49,165 | 35,4 |
| 2. | — | 500 | 0,05 | 0,01 | „ | 10,712 | 53,560 | 39,8 |
| 3. | 50 | 450 | „ | „ | „ | 18,622 | 93,110 | 39,3 |
| 4. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 26,697 | 133,485 | 39,7 |
| 5. | 150 | 350 | „ | „ | „ | 34,602 | 173,010 | 39,2 |
| 6. | — | 500 | 0,10 | 0,02 | „ | 15,161 | 75,805 | 62,0 |
| 7. | 50 | 450 | „ | „ | „ | 21,588 | 107,940 | 54,1 |
| 8. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 27,851 | 139,255 | 45,5 |
| 9. | 150 | 350 | „ | „ | „ | 34,443 | 172,215 | 38,4 |
| 10. | — | 500 | 0,15 | 0,03 | „ | 17,304 | 86,520 | 72,7 |
| 11. | 50 | 450 | „ | „ | „ | 26,203 | 131,015 | 77,2 |
| 12. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 32,630 | 163,150 | 69,4 |
| 13. | 150 | 350 | „ | „ | „ | 38,398 | 191,990 | 58,2 |
| 14. | — | 500 | 0,20 | 0,04 | „ | 17,963 | 89,815 | 76,0 |
| 15. | 50 | 450 | „ | „ | „ | 27,027 | 135,135 | 81,3 |
| 16. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 34,278 | 171,390 | 77,6 |
| 17. | 150 | 350 | „ | „ | „ | 40,694 | 203,470 | 74,7 |
| 18. | — | 500 | 0,25 | 0,05 | „ | 18,622 | 93,110 | 79,3 |
| 19. | 50 | 450 | „ | „ | „ | 28,016 | 140,080 | 86,3 |
| 20. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 35,267 | 176,335 | 82,5 |
| 21. | 150 | 350 | „ | „ | „ | 43,672 | 218,360 | 84,6 |
| 22. | — | 500 | 0,50 | 0,10 | „ | 18,457 | 92,285 | 78,5 |
| 23. | 50 | 450 | „ | „ | „ | 28,180 | 140,900 | 87,1 |
| 24. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 36,420 | 182,100 | 88,3 |
| 25. | 150 | 350 | „ | „ | „ | 44,166 | 220,830 | 87,0 |
| 26. | — | 500 | 1,00 | 0,20 | „ | 16,150 | 80,750 | 67,0 |
| 27. | 50 | 450 | „ | „ | „ | 27,851 | 139,255 | 85,5 |
| 28. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 36,256 | 181,280 | 87,5 |
| 29. | 150 | 350 | „ | „ | „ | 43,918 | 219,590 | 85,8 |

[1]) Bei Versuch 1 ist ausnahmsweise reines destilliertes Wasser verwendet ohne Beigabe von Säure.

## Zweite Versuchsreihe.

| No. des Versuchs | In 500 ccm Flüssigkeit sind enthalten: | | | | Zeitdauer der Einwirkg. auf + 38—40° C. | Gefundener N in 100 ccm des Filtrats | An N sind demnach in 500 ccm enthalten | Nach Abzug des Amid-Stickstoffs (=13,75 mg) sowie des im Magensaft urspr. vorhand. N verbleiben für gelösten N in Form v. pepsinlösl. Eiweiss: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | saurer Magensaft | saures Wasser | Gesamtgehalt der verwendeten Flüssigkeiten an HCl | | | | | |
| | ccm | ccm | g in 500 ccm | pCt. | Minuten | mg | mg | mg |
| 1. | — | 500[1]) | — | — | 60 | 9,994 | 49,970 | 36,2 |
| 2. | — | 500 | 0,05 | 0,01 | „ | 12,442 | 62,210 | 48,4 |
| 3. | 50 | 450 | „ | „ | „ | 19,776 | 98,880 | 45,1 |
| 4. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 28,027 | 140,135 | 46,3 |
| 5. | 150 | 350 | „ | „ | „ | 35,926 | 179,630 | 45,8 |
| 6. | — | 500 | 0,10 | 0,02 | „ | 16,315 | 81,575 | 67,8 |
| 7. | 50 | 450 | „ | „ | „ | 23,896 | 119,480 | 65,7 |
| 8. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 30,075 | 150,375 | 56,6 |
| 9. | 150 | 350 | „ | „ | „ | 36,750 | 183,750 | 50,0 |
| 10. | — | 500 | 0,15 | 0,03 | „ | 18,952 | 94,750 | 81,0 |
| 11. | 50 | 450 | „ | „ | „ | 27,521 | 137,605 | 83,8 |
| 12. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 33,784 | 168,920 | 75,1 |
| 13. | 150 | 350 | „ | „ | „ | 39,716 | 198,580 | 64,8 |
| 14. | — | 500 | 0,20 | 0,04 | „ | 18,952 | 94,750 | 81,0 |
| 15. | 50 | 450 | „ | „ | „ | 28,840 | 144,200 | 90,4 |
| 16. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 36,256 | 181,280 | 87,5 |
| 17. | 150 | 350 | „ | „ | „ | 43,507 | 217,535 | 83,7 |
| 18. | — | 500 | 0,25 | 0,05 | „ | 18,785 | 93,925 | 80,1 |
| 19. | 50 | 450 | „ | „ | „ | 28,840 | 144,200 | 90,4 |
| 20. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 36,750 | 183,750 | 90,0 |
| 21. | 150 | 350 | „ | „ | „ | 44,001 | 220,005 | 86,2 |
| 22. | — | 500 | 0,50 | 0,10 | „ | 18,457 | 92,285 | 78,5 |
| 23. | 50 | 450 | „ | „ | „ | 29,664 | 148,320 | 94,5 |
| 24 | 100 | 400 | „ | „ | „ | 37,080 | 185,400 | 91,6 |
| 25. | 150 | 350 | „ | „ | „ | 45,320 | 226,600 | 92,8 |
| 26. | — | 500 | 1,00 | 0,20 | „ | 18,457 | 92,285 | 78,5 |
| 27. | 50 | 450 | „ | „ | „ | 29,334 | 146,670 | 92,2 |
| 28. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 37,080 | 185,400 | 91,6 |
| 29. | 150 | 350 | „ | „ | „ | 45,649 | 228,245 | 94,4 |

Die bisherigen Ergebnisse glauben wir in folgenden Worten zusammenfassen zu können:

1. Von den in der Weizenkleie enthaltenen pepsinlöslichen Eiweissstoffen war ungefähr $^1/_3$ in Wasser löslich.

2. Die Salzsäure (ohne Pepsin) hat ein bedeutendes Lösungs-Vermögen für Eiweissstoff. Bei einer Erwärmungsdauer von 30 Min. wurde unter den gewählten Versuchs-

[1]) Bei Versuch 1 ist reines, destilliertes Wasser verwendet ohne Beigabe von Säure.

bedingungen das Optimum der Salzsäurewirkung schon durch 0,04 bis 0,05 % HCl erreicht. — 0,10 % HCl wirkte nicht besser; 0,20 % dagegen weniger günstig. Erwärmt man die Flüssigkeiten 60 Min. lang auf + 40° C., so ist das Optimum der Wirkung bereits bei 0,03 % HCl erreicht. Eine Verminderung der Wirkung trat bei 0,20 % HCl nicht ein.

3. Die Wirkung des sauren Magensaftes (Pepsin + Salzsäure) ist bei geringem Säuregehalt der Flüssigkeit (bis 0,03 % HCl) schwächer, als die der Salzsäure (ohne Pepsin). Je mehr Pepsin vorhanden ist, desto geringer scheint die Wirkung der Säure zu sein. (Siehe Versuch 6—13). Vermutlich wird durch das Pepsin ein Teil der Salzsäure gebunden und dadurch die Wirkung der letzteren vermindert.

Bei stärkerem Säuregehalt (mehr als 0,03 % HCl) ist das Gemenge von Pepsin und Salzsäure wirkungsvoller, als die Salzsäure allein.

4. Bezüglich der Zeitdauer der Erwärmung auf + 38—40° C. beobachteten wir, dass ein 30 Min. lang fortgesetztes Erwärmen der Flüssigkeiten vollständig genügte, um aus den erhaltenen Resultaten ein allgemeines Bild einerseits über die Einwirkung der Salzsäure und anderseits über die Wirkung von HCl + Pepsin auf die verdaulichen Eiweissstoffe der Weizenkleie zu erhalten.

### b. Versuche mit getrocknetem Weissbrot.

Für die Versuche über die Wirkung von Pepsin und Salzsäure auf Eiwissstoffe glaubten wir Substanzen von sehr verschiedener Beschaffenheit wählen zu sollen. Wir hofften auf diese Weise die vorausichtlich bestehenden Unterschiede in der Verdaulichkeit der Eiweissstoffe bei diesen ersten, orientierenden Versuchen schneller erkennen und etwaige Mängel, die bei der Ausarbeitung der Untersuchungsmethode uns gegenübertraten, besser beobachten zu können. Es lag die Vermutung nahe, dass das gewöhnliche Weissbrot ein Material sei, welches die Eiweissstoffe in ziemlich leicht verdaulichem Zustande enthielt, und wählten wir daher dasselbe zu weiteren Versuchen, bevor wir Ölkuchen und andere vielleicht schwerer verdauliche Futterstoffe in den Bereich unserer Untersuchungen zogen.

Hiesiges Weissbrot (sogenanntes Franzbrod), welches ohne Beigabe von Milch hergestellt war, wurde zunächst bei 85—90°

getrocknet, um ein gleichmässiges Untersuchungsmaterial zu erhalten, die trockene Masse gemahlen und das Gemahlene durch

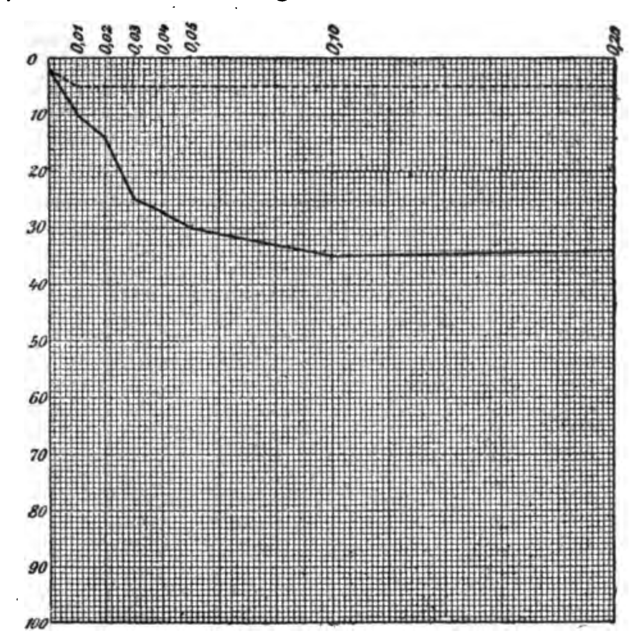



Fig. 2.

ein Sieb mit 1 mm weiten Öffnungen abgesiebt. Die Analyse dieses groben Mehles ergab bezüglich der N.-Verbindungen folgendes:

| | |
|---|---|
| Gesamt-Stickstoff . . . . . . . . . . | 1,851 % |
| N. in Form von Amiden . . . . . . . | 0,101 „ |
| „ „ „ „ pepsinlöslichem Eiweiss | 1,651 „ |
| „ nicht löslich in Magensaft . . . . | 0,099 „ |

Für die Versuche sind stets 6,032 g von dem gemahlenen Weissbrot abgewogen. Hierin waren enthalten:

100 mg N in Form von pepsinlöslichem Eiweiss,
6,092 „ Amid-N.

Die Ausführung der Versuche geschah in genau derselben Weise, wie bei Weizenkleie angegeben ist. Die Ergebnisse sind aus folgender Tabelle und der graphischen Darstellung Fig. 2 ersichtlich. Der verwendete Magensaft enthielt in 100 ccm = 50,676 mg N, welcher N bei Berechnung der Resultate in Abzug gebracht werden muss.

## Erste Versuchsreihe.

| No. des Versuchs | In 500 ccm Flüssigkeit sind enthalten: | | | | Zeitdauer der Einwirkg. auf + 38—40° C. | Gefundener N in 100 ccm des Filtrats | An N sind demnach in 500 ccm enthalten | Nach Abzug des Amid-Stickstoffs (= 6,09 mg) sowie des im Magensaft urspr. vorhand. N verbleiben für gelösten N in Form v. pepsinlösl. Eiweiss: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | saurer Magensaft | saures Wasser | Gesamtgehalt der verwendeten Flüssigkeiten an HCl | | | | | |
| | ccm | ccm | g in 500 ccm | pCt. | Minuten | mg | mg | mg |
| 1. | — | 500[1] | — | — | 15 | 1,652 | 8,260 | 2,1 |
| 2. | — | 500 | 0,05 | 0,01 | „ | 2,313 | 11,565 | 5,4 |
| 3. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 13,054 | 65,270 | 8,5 |
| 4. | 200 | 300 | „ | „ | „ | 22,597 | 112,985 | 5,5 |
| 5. | — | 500 | 0,10 | 0,02 | „ | 2,313 | 11,565 | 5,4 |
| 6. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 13,385 | 66,925 | 10,1 |
| 7. | 200 | 300 | „ | „ | „ | 21,729 | 109,910 | 2,4 |
| 8. | — | 500 | 0,15 | 0,03 | „ | 2,313 | 11,565 | 5,4 |
| 9. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 14,872 | 74,360 | 17,5 |
| 10. | 200 | 300 | „ | „ | „ | 24,791 | 123,955 | 16,5 |
| 11. | — | 500 | 0,20 | 0,04 | „ | 2,313 | 11,565 | 5,4 |
| 12. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 15,864 | 79.320 | 22,5 |
| 13. | 200 | 300 | „ | „ | „ | 25,278 | 126,390 | 18,9 |
| 14. | — | 500 | 0,25 | 0,05 | „ | 2,313 | 11,565 | 5,4 |
| 15. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 15,864 | 79,320 | 22,5 |
| 16. | — | 500 | 0,50 | 0,10 | „ | 2,313 | 11,565 | 5,4 |
| 17. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 17,681 | 88,405 | 31,6 |
| 18. | — | 500 | 1,00 | 0,20 | „ | 2,313 | 11,565 | 5,4 |
| 19. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 16,855 | 84,275 | 27,5 |

## Zweite Versuchsreihe.

| No. des Versuchs | saurer Magensaft ccm | saures Wasser ccm | HCl g in 500 ccm | pCt. | Minuten | mg | mg | mg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | — | 500[1] | — | — | 30 | 1,652 | 8,260 | 2,1 |
| 2. | — | 500 | 0,05 | 0,01 | „ | 2,313 | 11,565 | 5,4 |
| 3. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 13,385 | 66,925 | 10,1 |
| 4. | 200 | 300 | „ | „ | „ | 23,965 | 119,825 | 12,3 |
| 5. | — | 500 | 0,10 | 0,02 | „ | 2,313 | 11,565 | 5,4 |
| 6. | 100 | 400 | „ | „ | „ | .14,211 | 71,055 | 14,2 |
| 7. | 200 | 300 | „ | „ | „ | 24,287 | 121,435 | 13,9 |
| 8. | — | 500 | 0,15 | 0,03 | „ | 2,313 | 11,565 | 5,4 |
| 9. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 16,525 | 82,625 | 25,8 |
| 10. | 200 | 300 | „ | „ | „ | 25,939 | 129,695 | 22,5 |
| 11. | — | 500 | 0,20 | 0,04 | „ | 2,313 | 11,565 | 5,4 |
| 12. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 16,855 | 84,275 | 27,5 |
| 13. | 200 | 300 | „ | „ | „ | 27,261 | 136,305 | 28,8 |
| 14. | — | 500 | 0,25 | 0,05 | „ | 2,313 | 11,565 | 5,4 |
| 15. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 17,516 | 87,580 | 30,8 |
| 16. | — | 500 | 0,50 | 0,10 | „ | 2,313 | 11,565 | 5,4 |
| 17. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 18,425 | 92,125 | 35,3 |
| 18. | — | 500 | 1,00 | 0,20 | „ | 2,313 | 11,565 | 5,4 |
| 19. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 18,177 | 90,885 | 34,1 |

[1]) Bei Versuch 1 ist in der ersten und in der zweiten Versuchsreihe destilliertes Wasser ohne Beigabe von Säure verwendet.

Vorstehend mitgeteilte Ergebnisse sind von denjenigen, welche bei den Versuchen mit Weizenkleie erhalten wurden, völlig abweichend. (Siehe auch die graphische Darstellung der zweiten Versuchsreihen. Seite 110 und 115). Aus den Versuchen geht folgendes hervor:

1. Von den im getrockneten Weissbrod enthaltenen Eiweissstoffen ist eine nur geringe Menge in Wasser löslich.

2. Die Salzsäure (ohne Pepsin) wirkte ausserordentlich schwach. Bereits die minimale Menge von 0,01 % HCl genügte, um das Optimum der Wirkung zu erzielen, welches kaum höher ist, als die Wirkung des reinen Wassers. Die allmähliche Steigerung des Gehaltes an Salzsäure, bis zu 0,20 % HCl, veranlasst nicht die geringste Zunahme der Löslichkeit. Lässt man die saure Flüssigkeit mit der Untersuchungssubstanz statt 15 Minuten (bei + 40° C.) 1/2 Stunde lang in Berührung, so konnte ebenfalls eine günstigere Wirkung der Salzsäure nicht beobachtet werden.

3. Der saure Magensaft (Pepsin + Salzsäure) wirkt wesentlich besser als die Salzsäure allein, indess geht die Verdauung der pepsinlöslichen Eiweissstoffe erheblich langsamer vor sich wie dies bei der Weizenkleie unter gleichen Versuchsbedingungen der Fall war. Entweder sind durch den Backprozess oder wahrscheinlich durch das nachherige Trocknen des Brodes bei 85—90° C. die Eiweisstoffe schwerer löslich geworden.

4. Die geringe Wirkung der Salzsäure bei den Versuchen mit getrocknetem Weissbrod, im Vergleich zu der günstigen Einwirkung dieser Säure auf die Nh.-Bestandteile der Weizenkleie, ist vielleicht nicht nur dadurch zu erklären, dass die Eiweissstoffe bei der einen Substanz schwerer löslich sind, sondern es kann auch in der Weizenkleie ein Ferment enthalten sein, welches bei Gegenwart von HCl die Wirkung des Pepsins teilweise zu ersetzen vermochte, während das im Weizenmehl (aus dem das Brot hergestellt wurde) vermutlich ebenfalls enthaltene Ferment durch den Backprozess und das nachherige Trocknen des Brotes unwirksam gemacht ist.

5. Bezüglich der Zeitdauer der Erwärmung auf + 40° C. scheint ein sehr wesentlicher Unterschied zwischen den 15 Minuten und jenen 30 Minuten lang fortgesetzten Versuchen nicht zu bestehen, und dürfte die halbstündige Er-

wärmungsdauer geeignet sein, um bei vergleichenden Untersuchungen verschiedenartiger Substanzen eine Vorstellung über die Löslichkeit der Eiweissstoffe unter den sonstigen gewählten Versuchsbedingungen zu erhalten.

---

Im Anschluss an vorstehende Versuche liessen wir die Salzsäure, bezw. den sauren Magensaft wesentlich längere Zeit (6 Stunden lang) bei + 40° C., unter sonst gleichen Verhältnissen wie bisher, auf die Eiweissstoffe des getrockneten Weissbrotes einwirken. Es war anzunehmen, dass die Salzsäure dann in erhöhtem Masse durch einen rein chemischen Vorgang die Eiweissstoffe lösen, dagegen diese Löslichkeit ganz bedeutend übertroffen werden würde von der gewissermassen als physiologisch zu bezeichnenden Einwirkung des sauren Magensaftes. Diese Voraussetzung haben wir bestätigt gefunden, wie aus nachfolgenden Angaben ersichtlich, welche wir mit den entsprechenden Ziffern der vorigen Tabelle (Vers. No. 8, 11, 14 und No. 9, 12, 15) in Vergleich zu stellen bitten.

| No. des Versuchs | In 500 ccm Flüssigkeit sind enthalten: | | | | Zeitdauer der Einwirkg. auf + 38—40° C. | Gefundener N in 100 ccm des Filtrats | An N sind demnach in 500 ccm enthalten | Nach Abzug des Amid-Stickstoffs (=6,09 mg) sowie des im Magensaft urspr. vorhand. N verbleiben für gelösten N in Form v. pepsinlösl. Eiweiss: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | saurer Magensaft | saures Wasser | Gesamtgehalt der verwendeten Flüssigkeiten an HCl | | | | | |
| | ccm | ccm | g in 500 ccm | pCt. | Stunden | mg | mg | mg |
| 1. | — | 500 | 0,15 | 0,03 | 6 | 2,637 | 13,185 | 7,0 |
| 2. | — | 500 | 0,20 | 0,04 | „ | 3,131 | 15,655 | 9,5 |
| 3. | — | 500 | 0,25 | 0,05 | „ | 3,790 | 18,950 | 12,8 |
| 4. | 100 | 400 | 0,15 | 0,03 | „ | 27,918 | 139,590 | 82,8 |
| 5. | 100 | 400 | 0,20 | 0,04 | „ | 29,731 | 148,655 | 91,8 |
| 6. | 100 | 400 | 0,25 | 0,05 | „ | 30,700 | 153,500 | 96,7 |

Diese verschiedene Wirkung der Salzsäure gegenüber derjenigen des sauren Magensaftes ist nicht ohne Interesse. Später werden wir in einem besonderen Abschnitte eine Anzahl von Versuchen mitteilen, welche die Veränderungen betreffen, die bezüglich der Verdaulichkeit der Eiweissstoffe durch völliges Trocknen der Substanz und durch andere Einflüsse hervorgebracht werden.

### c. Versuche mit Baumwollsaatmehl.

Mit Baumwollsaatmehl führten wir einige Versuche aus, welche wesentlich bezweckten zu ermitteln, ob bezüglich der Menge der anzuwendenden Salzsäure und der Zeitdauer der Erwärmung auf + 40° C. die bei der Weizenkleie und dem

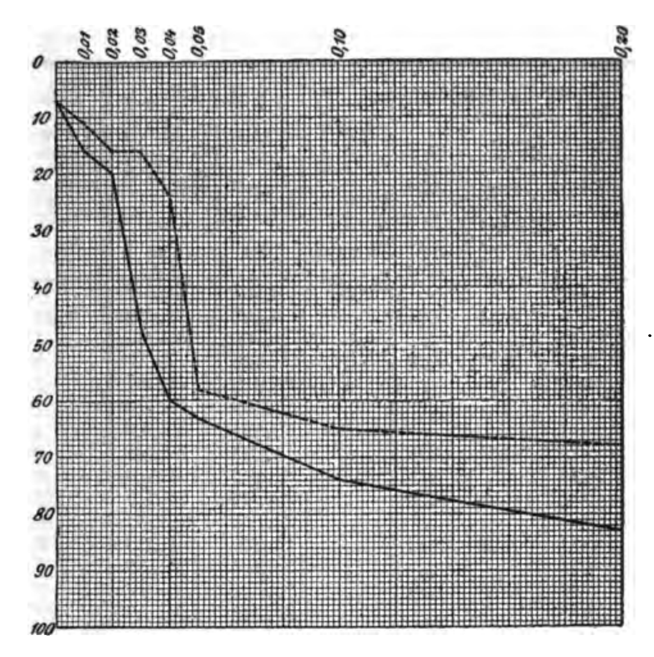



Fig. 2.

Weissbrot gemachten Erfahrungen für die Untersuchung eines ölhaltigen und N-reichen Futtermittels eine Abweichung nötig machten.

Die Versuchsprobe enthielt:

| | |
|---|---|
| N. in Form von Amiden . . . . . . | 0,166 % |
| „ „ „ „ pepsinlöslichem Eiweiss | 5,951 „ |
| „ nicht pepsinlöslich . . . . . . . . | 1,543 „ |
| N. gesamte Menge | 7,660 %. |

Zu jedem Versuch sind 1,6802 g Baumwollsaatmehl verwendet. Hierin waren:

100 mg N. in Form von pepsinlöslichem Eiweiss,
2,78 „ „ „ „ „ Amiden.

Der benutzte Magensaft hatte in 100 ccm = 50,676 mg N., welcher bei der Berechnung der Resultate in Abzug gebracht werden muss. Bezüglich der Ausführung der Untersuchungen verweisen wir im Übrigen auf die mitgeteilten Versuche mit Weizenkleie und Weissbrot. Die Ergebnisse sind aus folgender Tabelle ersichtlich:

Erste Versuchsreihe.

| No. des Versuchs | In 500 ccm Flüssigkeit sind enthalten: saurer Magensaft | saures Wasser | Gesamtgehalt der verwendeten Flüssigkeiten an HCl | | Zeitdauer der Einwirkg. auf + 38—40° C. | Gefundener N in 100 ccm des Filtrats | An N sind demnach in 500 ccm enthalten | Nach Abzug des Amid-Stickstoffs (= 2,78 mg) sowie des im Magensaft urspr. vorhand. N verbleiben für gelösten N in Form v. pepsinlösl. Eiweiss: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ccm | ccm | g in 500 ccm | pCt. | Minuten | mg | mg | mg |
| 1. | — | 500[1]) | — | — | 15 | 2,061 | 10,305 | 7,5 |
| 2. | — | 500 | 0,05 | 0,01 | „ | 3,426 | 17,130 | 14,3 |
| 3. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 13,380 | 66,900 | 13,4 |
| 4. | — | 500 | 0,10 | 0,02 | „ | 3,426 | 17,130 | 14,3 |
| 5. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 14,872 | 74,36 | 20,9 |
| 6. | — | 500 | 0,15 | 0,03 | „ | 3,939 | 19,695 | 16,9 |
| 7. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 19,664 | 98,320 | 44,8 |
| 8. | — | 500 | 0,20 | 0,04 | „ | 5,481 | 27,408 | 24,6 |
| 9. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 21,482 | 107,410 | 53,9 |
| 10. | — | 500 | 0,25 | 0,05 | „ | 12,162 | 60,630 | 57,8 |
| 11. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 23,113 | 115,565 | 62,1 |
| 12. | — | 500 | 0,50 | 0,10 | „ | 13,530 | 67,650 | 64,8 |
| 13. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 24,947 | 124,735 | 71,2 |
| 14. | — | 500 | 1,00 | 0,20 | „ | 15,114 | 75,570 | 72,7 |
| 15. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 26,109 | 130,545 | 77,0 |

Zweite Versuchsreihe.

| No. | saurer Magensaft | saures Wasser | g in 500 ccm | pCt. | Minuten | mg | mg | mg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | — | 500[1]) | — | — | 30 | 2,061 | 10,305 | 7,5 |
| 2. | — | 500 | 0,05 | 0,01 | „ | 2,912 | 14,66 | 11,8 |
| 3. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 14,046 | 70,230 | 16,7 |
| 4. | — | 500 | 0,10 | 0,02 | „ | 3,768 | 18,840 | 16,0 |
| 5. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 14,872 | 74,360 | 20,9 |
| 6. | — | 500 | 0,15 | 0,03 | „ | 3,939 | 19,695 | 16,9 |
| 7. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 20,325 | 101,620 | 48,1 |
| 8. | — | 500 | 0,20 | 0,04 | „ | 5,481 | 27,408 | 24,6 |
| 9. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 22,804 | 114,02 | 60,5 |
| 10. | — | 500 | 0,25 | 0,05 | „ | 12,333 | 61,665 | 58,8 |
| 11. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 23,405 | 117,025 | 63,5 |
| 12. | — | 500 | 0,50 | 0,10 | „ | 13,704 | 68,520 | 65,7 |
| 13. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 25,632 | 128,160 | 74,7 |
| 14. | — | 500 | 1,00 | 0,20 | „ | 14,427 | 72,135 | 69,3 |
| 15. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 27,431 | 137,155 | 83,7 |

[1]) Bei Versuche 1 ist in der ersten und in der zweiten Versuchsreihe destilliertes Wasser ohne Beigabe von Säure verwendet.

Ergebnisse der Versuche:

1. Die Salzsäure (ohne Pepsin) löste mehr als die Hälfte des vorhandenen pepsinlöslichen Eiweisses, wenn der Säuregehalt der Flüssigkeit auf mindestens 0,05 % angereichert wurde, so dass auf 100 mg N in Form von löslichem Eiweiss mehr als 200 mg HCl einwirken konnten.

2. Durch Beigabe von Pepsin zur Salzsäure stieg die Verdaulichkeit erheblich, sobald die Flüssigkeit mehr als 0,03 % HCl enthielt.

3. Die Lösung der Eiweissstoffe erfolgt bei + 38—40° C. sehr schnell und besteht nur ein geringer Unterschied zwischen einer Erwärmungsdauer von 15 und andererseits von 30 Minuten.

d. Versuche mit einem andern Baumwollsaatmehl.

Das zu den Versuchen benutzte Baumwollsaatmehl hatte, ebenfalls wie das vorige, eine Korngrösse von 0,2 bis 0,5 mm. Die Analyse der Nh.-Bestandteile ergab folgende Resultate:

| | |
|---|---|
| N. in Form von Amiden . . . . . . | 0,213 % |
| „ „ „ „ pepsinlöslichem Eiweiss | 6,069 „ |
| „ nicht löslich durch Magensaft . . . | 1,661 „ |
| N. gesamte Menge | 7,943 % |

Für jeden Einzelversuch sind 1,6477 g verwendet, welche Menge enthielt:

100 mg N. in Form von pepsinlöslichem Eiweiss,
3,5 „ „ „ „ „ Amiden.

Durch die bisher ausgeführten Versuche hatten wir über die anzuwendende Menge der Salzsäure, sowie über die Zeitdauer der Erwärmung auf + 40° C. bestimmte Anhaltspunkte erhalten, dagegen herrschte noch Unsicherheit über die Frage, wieviel Magensaft auf je 100 mg des pepsinlöslichen Stickstoffs am zweckmässigsten zu nehmen ist, um bei der Untersuchung verschiedener Futtermittel eine Vorstellung über den schnelleren oder langsamern Verlauf der Verdauung der Eiweissstoffe zu erhalten.

Die Beantwortung dieser Frage bezweckten wir durch Ausführung nachstehender Versuche zu erreichen. Die Verwendung von mehr als 100 ccm Magensaft hatte bei Weizenkleie und Weissbrot eher nachteilig, als günstig, gewirkt und glaubten wir daher mit geringeren Mengen besser zum Ziel zu gelangen. Der verwendete Magensaft enthielt an Stickstoff:

in 100 ccm = 59,321 mg.
„ 50 „ = 29,660 „
„ 25 „ = 14,830 „
„ 10 „ = 5,932 „

Die Ausführung der Einzelversuche ist aus folgender Tabelle ersichtlich:

| No. des Versuchs | In 500 ccm Flüssigkeit sind enthalten: | | | | Zeitdauer der Einwirkg. auf + 38—40° C. | Gefundener N in 100 ccm des Filtrats | An N sind demnach in 500 ccm enthalten | Nach Abzng des Amid-Stickstoffs (= 3,5 mg) sowie des im Magensaft urspr. vorhand. N verbleiben für gelösten N in Form v. pepsinlösl. Eiweiss: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | saurer Magensaft | saures Wasser | Gesamtgehalt der verwendeten Flüssigkeiten an HCl | | | | | |
| | ccm | ccm | g in 500 ccm | pCt. | Minuten | mg | mg | mg |
| 1. | — | 500[1]) | — | — | 30 | 2,414 | 12,070 | 8,5 |
| 2. | — | 500 | 0,05 | 0,01 | „ | 2,092 | 10,460 | 6,9 |
| 3. | 10 | 490 | „ | „ | „ | 3,701 | 18,505 | 9,0 |
| 4. | 25 | 475 | „ | „ | „ | 5,311 | 26,555 | 8,2 |
| 5. | 50 | 450 | „ | „ | „ | 8,369 | 41,845 | 8,6 |
| 6. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 13,841 | 69,205 | 6,3 |
| 7. | — | 500 | 0,10 | 0,02 | „ | 2,667 | 13,335 | 9,8 |
| 8. | 10 | 490 | „ | „ | „ | 7,564 | 37,820 | 28,3 |
| 9. | 25 | 475 | „ | „ | „ | 8,900 | 44,500 | 26,2 |
| 10. | 50 | 450 | „ | „ | „ | 10,941 | 54,705 | 20,5 |
| 11. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 15,317 | 76,585 | 13,7 |
| 12. | — | 500 | 0,15 | 0,03 | „ | 3,429 | 17,145 | 13,6 |
| 13. | 10 | 490 | „ | „ | „ | 10,445 | 52,225 | 42,7 |
| 14. | 25 | 475 | „ | „ | „ | 12,472 | 62,360 | 44,0 |
| 15. | 50 | 450 | „ | „ | „ | 15,542 | 77,710 | 44,5 |
| 16. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 20,300 | 101,500 | 38,6 |
| 17. | — | 500 | 0,20 | 0,04 | „ | 4,365 | 21,825 | 18,3 |
| 18. | 10 | 490 | „ | „ | „ | 11,380 | 56,900 | 47,4 |
| 19. | 25 | 475 | „ | „ | „ | 14,031 | 70,155 | 51,8 |
| 20. | 50 | 450 | „ | „ | „ | 17,563 | 87,815 | 54,6 |
| 21. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 23,472 | 117,360 | 54,5 |
| 22. | 150 | 350 | „ | „ | „ | 28,868 | 144,340 | 51,8 |
| 23. | — | 500 | 0,25 | 0,05 | „ | 5,924 | 29,620 | 26,1 |
| 24. | 10 | 490 | „ | „ | „ | 12,573 | 62,865 | 53,4 |
| 25. | 25 | 475 | „ | „ | „ | 15,475 | 77,375 | 59,0 |
| 26. | 50 | 450 | „ | „ | „ | 19,021 | 95,105 | 61,9 |
| 27. | 100 | 400 | „ | „ | „ | 23,857 | 119,285 | 65,4 |
| 28. | 150 | 350 | „ | „ | „ | 31,392 | 156,960 | 64,4 |
| 29. | — | 500 | 0,30 | 0,06 | „ | 9,465 | 47,325 | 43,8 |
| 30. | — | 500 | 0,35 | 0,07 | „ | 10,727 | 53,635 | 50,1 |
| 31. | — | „ | 0,40 | 0,08 | „ | 11,515 | 57,575 | 54,0 |
| 32. | — | „ | 0,45 | 0,09 | „ | 11,989 | 59,945 | 56,4 |
| 33. | — | „ | 0,50 | 0,10 | „ | 12,783 | 63,915 | 60,4 |
| 34. | 10 | 490 | „ | „ | „ | 14,500 | 72,500 | 63,1 |
| 35. | 25 | 475 | „ | „ | „ | 17,732 | 88,660 | 70,3 |

[1]) Bei Versuch 1 ist in der ersten und in der zweiten Versuchsreihe destilliertes Wasser ohne Beigabe von Säure verwendet.

| No. des Versuchs | In 500 ccm Flüssigkeit sind enthalten: | | | | Zeitdauer der Einwirkg. auf + 38—40° C. | Gefundener N in 100 ccm des Filtrats | An N sind demnach in 500 ccm enthalten | Nach Abzug des Amid-Stickstoffs (= 3,5 mg) sowie des im Magensaft urspr. vorhand. N verbleiben für gelösten N in Form v. pepsinlösl. Eiweiss: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | saurer Magensaft | saures Wasser | Gesamtgehalt der verwendeten Flüssigkeiten an HCl | | | | | |
| | ccm | ccm | g in 500 ccm | pCt. | Minuten | mg | mg | mg |
| 36. | 50 | 450 | 0,50 | 0,10 | 30 | 21,278 | 106,390 | 78,2 |
| 37. | 100 | 400 | " | " | " | 28,048 | 140,240 | 77,4 |
| 38. | 150 | 350 | " | " | " | 33,758 | 168,790 | 76,3 |
| 39. | — | 500 | 1,00 | 0,20 | " | 12,472 | 62,360 | 58,8 |
| 40. | 10 | 490 | " | " | " | 16,811 | 84,055 | 74,6 |
| 41. | 25 | 475 | " | " | " | 19,349 | 96,745 | 78,4 |
| 42. | 50 | 450 | " | " | " | 22,838 | 114,190 | 81,0 |
| 43. | 100 | 400 | " | " | " | 29,816 | 149,080 | 86,2 |
| 44. | 150 | 350 | " | " | " | 35,651 | 178,255 | 85,7 |

Ergebnisse der letzten Versuche:

1. 10 ccm des Magensaftes wirken bei wechelndem Gehalt der Gesamtflüssigkeit an HCl nur unerheblich schwächer, als 25 ccm, und 25 ccm stehen in ihrer Wirkung derjenigen von 50 ccm ebenfalls nur wenig nach.

2. Enthält die Flüssigkeit mehr als 0,03 % HCl, so liegt das Optimum der Wirkung bei 100 ccm des Magensaftes. Indess sind die Unterschiede, welche durch Beigabe von 50, bezw. von 150 ccm erhalten werden, so wenig von diesem Optimum abweichend, dass dieselben als innerhalb der zulässigen Fehlergrenze liegend betrachtet werden müssen.

3. Enthält die Flüssigkeit weniger als 0,03 % HCl, dann erscheint die Verdaulichkeit um so mehr vermindert, je höher die Beigabe von Magensaft war. Die Beobachtung, dass geringe Mengen HCl durch Pepsin gebunden und in ihrer Wirkung dann gehindert werden, ist hierdurch nochmals bestätigt. Für weitere Verdauungsversuche dürfte die Verwendung sehr geringer Mengen der Salzsäure demnach zwecklos sein, und es sich empfehlen, für je 100 mg N. in Form von verdaulichem (pepsinlöslichem) Eiweiss = 100 ccm Magensaft und 400 ccm Wasser zu verwenden, so wie an Säure nicht weniger als 0,05 und nicht mehr als 0,20 % HCl zu nehmen.

### e. Versuche mit Heu.

Ein Gemenge von Kleeheu und Raigrasheu wurde bei 80—90° getrocknet, bis dasselbe so trocken war, dass es in einer Mühle gemahlen werden konnte. Die zu den Versuchen dienende Probe war nicht frisch, sondern hatte bereits 2 Jahre lang in einem gut verschlossenen Gefässe im Vorratsraume der Versuchs-Station gestanden.

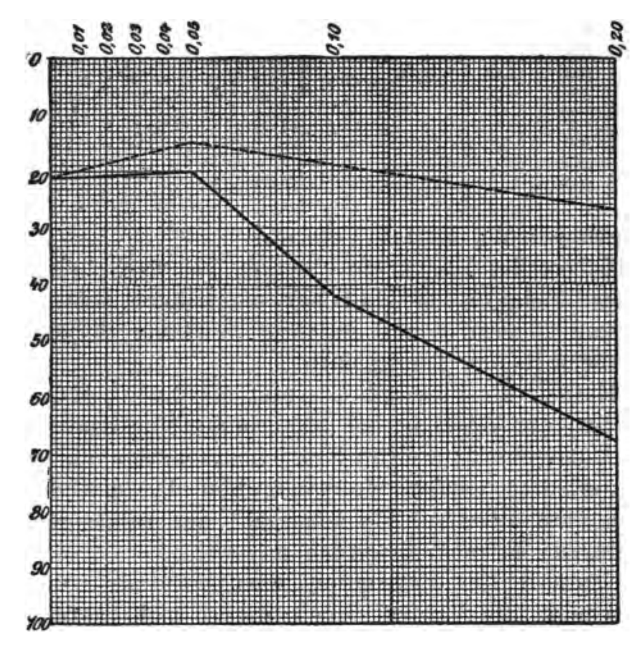



Fig. 4.

Verwendet sind nur diejenigen Anteile des Heues, welche ein Sieb von 0,5 mm Lochweite passiert hatten, und waren von diesem die feineren Anteile, welche durch ein Sieb von 0,2 mm Maschenweite hindurch fielen (Sieb No. 100. Amandus Kahl) entfernt.

Die Analyse der Nh.-Bestandteile ergab Folgendes:

| | |
|---|---|
| N. in Form von Amiden . . . . . . | 0,263. |
| „ „ „ „ pepsinlöslichem Eiweiss | 1,038. |
| „ nicht pepsinlöslich . . . . . . . | 0,775. |
| N. gesamte Menge | 2,076. |

Für jeden Einzelversuch sind 9,643 g Heu genommen, enthaltend:

100 mg N. in Form von pepsinlöslichem Eiweiss,
25,361 „ „ „ „ „ Amiden.

Das abgewogene Heu brachten wir in Erlenmeyerkolben von $^3/_4$ Liter Rauminhalt und fügten 200 ccm Wasser von 40° C. hinzu, welches bei dieser Temperatur zuvor mit Chloroform gesättigt war. Die Erhöhung der Menge des Einquellwassers von 100 auf 200 ccm scheint bei den voluminösen Rauhfutterstoffen zweckmässiger zu sein. Dies Gemenge blieb 14—16 Stunden lang (1 Nacht hindurch) stehen, jedoch wurde dasselbe am Abend sowie am frühen Morgen wiederholt durchgeschüttelt.

Kurze Zeit vor dem Zusatz der sauren Flüssigkeiten ist die Mischung der Substanz mit Chloroformwasser — in gleicher Weise wie auch bei den früheren Versuchen — auf + 40° C. erwärmt.

Die übrigen Versuchsbedingungen sind aus folgender Tabelle ersichtlich.

| No. des Versuchs | In 500 ccm Flüssigkeit sind enthalten: saurer Magensaft | saures Wasser | Gesamtgehalt der verwendeten Flüssigkeiten an HCl | | Zeitdauer der Einwirkg. auf + 38—40° C. | Gefundener N in 100 ccm des Filtrats | An N sind demnach in 500 ccm enthalten | Nach Abzug des Amid-Stickstoffs (=25,361 mg) sowie d. im Magensaft urspr. vorhand. N verbleiben für gelösten N in Form v. pepsinlösl. Eiweiss: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ccm | ccm | g in 500 ccm | pCt. | Minuten | mg | mg | mg |
| 1. | — | 500[1]) | — | — | 30 | 9,357 | 46,785 | 21,4 |
| 2. | — | 500[1]) | — | — | 60 | 9,357 | 46,785 | 21,4 |
| 3. | — | 500 | 0,25 | 0,05 | 30 | 8,229 | 41,145 | 15,7 |
| 4. | — | 500 | 0,50 | 0,10 | 30 | 9,020 | 45,100 | 19,6 |
| 5. | — | 500 | 0,50 | 0,10 | 60 | 9,833 | 49,165 | 23,8 |
| 6. | — | 500 | 1,00 | 0,20 | 30 | 10,602 | 53,010 | 27,6 |
| 7. | — | 500 | 1,00 | 0,20 | 60 | 10,150 | 50,750 | 25,3 |
| 8. | 50 | 450 | 0,25 | 0,05 | 30 | 14,559 | 72,795 | 17,7 |
| 9. | „ | „ | „ | „ | 60 | 14,828 | 74,140 | 19,1 |
| 10. | 50 | 450 | 0,50 | 0,10 | 30 | 19,148 | 95,740 | 40,7 |
| 11. | „ | „ | „ | „ | 60 | 19,349 | 96,745 | 41,7 |
| 12. | „ | „ | 1,00 | 0,20 | 30 | 23,879 | 119,395 | 65,1 |
| 13. | „ | „ | „ | 0,20 | 60 | 24,741 | 123,705 | 68,8 |
| 14. | 100 | 400 | 0,25 | 0,05 | 30 | 21,047 | 105,235 | 20,5 |
| 15. | „ | „ | „ | „ | 60 | 20,935 | 104,675 | 20,0 |
| 16. | „ | „ | 0,50 | 0,10 | 30 | 25,320 | 126,600 | 41,9 |
| 17. | „ | „ | „ | „ | 60 | 25,693 | 128,465 | 43,7 |

| No. des Versuchs | In 500 ccm Flüssigkeit sind enthalten: saurer Magensaft | saures Wasser | Gesamtgehalt der verwendeten Flüssigkeiten an HCl | | Zeitdauer der Einwirkg. auf + 38—40° C. | Gefundener N in 100 ccm des Filtrats | An N sind demnach in 500 ccm enthalten | Nach Abzug des Amid-Stickstoffs (=25,361 mg) sowie d. im Magensaft urspr. vorhand. N verbleiben für gelösten N in Form v. pepsinlösl. Eiweiss: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ccm | ccm | g in 500 ccm | pCt. | Minuten | mg | mg | mg |
| 18. | 100 | 400 | 1,00 | 0,20 | 30 | 30,700 | 153,500 | 68,8 |
| 19. | „ | „ | 1,00 | 0,20 | 60 | 30,700 | 153,500 | 68,8 |
| 20. | 100 | 400 | 0,25 | 0,05 | 30 | 21,252 | 106,260 | 21,5 |
| 21. | „ | „ | 0,50 | 0,10 | 30 | 24,583 | 122,915 | 38,2 |
| 22. | „ | „ | 1,00 | 0,20 | 30 | 30,292 | 151,460 | 66,7 |

Für die Versuche 1—19 ist die Substanz zuvor 14 bis 16 Stunden lang (eine Nacht hindurch) mit dem Chloroformwasser in Berührung gewesen. Für die Versuche 20—22 (entsprechend No. 14, 16 und 18) betrug die Einquellzeit 24 Stunden.

Ergebnisse der mit trockenem Heu ausgeführten Versuche:

1. Enthält die Flüssigkeit 0,05 bis 0,20 % HCl, so wirken 100 ccm Magensaft nicht besser wie 50 ccm.

2. Bei dem 30 Minuten lang fortgesetzten Erwärmen auf + 40° C. ist annähernd dieselbe Menge N gelöst wie bei einer Versuchsdauer von 60 Minuten, und liegt kein Anlass vor, die bisher zumeist eingehaltene Zeit von 30 Min. zu verlängern.

3. Bezüglich der Einquelldauer mit Chloroformwasser ergaben die Versuche, dass bei dem gewählten Feinheitsgrade der Untersuchungssubstanz (0,5 — 0,2 mm) eine Quelldauer von 14 bis 16 Stunden völlig genügte.

Wir lassen dahingestellt, ob die verhältnismässig geringe Verdaulichkeit der im Heu enthaltenen Eiweissstoffe vielleicht durch das bei der Vorbereitung veranlasste Trocknen der Untersuchungssubstanz (bei 81—90° C.) ungünstig beeinflusst wurde. Bei diesen Versuchen, die wesentlich dazu dienten zunächst die Versuchs*methode* klar zu stellen, fällt diese Frage weniger in's Gewicht.

## 3. Nachweis, betreffend die Unschädlichkeit der zur Konservierung benutzten Substanzen: Chloroform und Thymol.

Bei den im Abschnitt 2 mitgeteilten Versuchen ist vorausgesetzt, dass das benutzte Chloroformwasser, sowie die geringen Mengen des dem Magensafte zugesetzten Thymols, (= 1 g Thymol für $2^1/_2$ Liter Magensaft) einen störenden Einfluss auf die Verdauung der Eiweissstoffe unter den gewählten Versuchsbedingungen auszuüben nicht vermögen. Wir glaubten die diesbezüglichen Nachweise der Unschädlichkeit dieser Zusatzmittel erst an dieser Stelle erwähnen zu sollen, nachdem die Versuchsmethode, welche wir in Anwendung brachten, näher bekannt gegeben war. Teilweise dürften die Beweise für die Brauchbarkeit der Zusatzmittel schon in der Thatsache liegen, dass die erhaltenen Verdaulichkeits-Ziffern bisweilen recht hohe waren. Bei einer nachteiligen Wirkung, z. B. des Chloroforms, würde die Verdaulichkeit der Eiweissstoffe niedriger gewesen sein. Auch ist das Chloroform bei anderen Verdauungs-Versuchen seit längerer Zeit zum Konservieren der Pankreasflüssigkeit mit bestem Erfolge von uns verwendet, und in gleicher Weise die Salicylsäure bezw. das Thymol zum Konservieren des Magensaftes.

Versuche mit Milch. Zur Bestimmung des Gesamt-Stickstoffs sind je 10 ccm abgemessen, und hierin durch mehrere übereinstimmende Analysen = 0,052 g N, oder = pro 100 ccm Milch = 0,52 g N gefunden.

1. 50 ccm Milch + 100 ccm Magensaft + 350 ccm Wasser, welches wir mit HCl angesäuert hatten, wurden gemischt, nachdem jeder Bestandteil für sich vorher auf + 40° C. erwärmt war. Der Gesamtgehalt der gemischten Flüssigkeit an HCl betrug 0,20 g oder 0,04 %. — Die Erwärmungsdauer des Gemisches haben wir auf genau 15 Minuten bemessen, nach welcher Zeit die Flüssigkeit sofort abfiltriert wurde. Je 100 ccm des Filtrats dienten zur Bestimmung des gelösten Stickstoffs. In den 100 ccm waren 51,747 mg N enthalten, oder auf 500 ccm der Flüssigkeit berechnet = 258,735 mg. Hiervon sind für den im Magensaft ursprünglich vorhanden gewesenen N = 54,63 mg in Abzug zu bringen, und verbleiben demnach für gelösten N aus der Milch = 204,105 mg oder auf 100 ccm Milch berechnet = 408 mg.

2. Ein Parallel-Versuch wurde in gleicher Weise ausgeführt, jedoch statt 350 ccm Wasser ein Gemisch von 100 ccm

mit Chloroform bei + 40° C. gesättigten und 250 ccm gewöhnlichen destillierten Wassers verwendet, welches letztere 0,20 g HCl beigemengt enthielt. Die Bestimmung des Stickstoffs gab genau dasselbe Ergebnis wie bei dem vorigen Versuche.

3. Schliesslich wurden die vorstehend unter 1 und 2 erwähnten Versuche in der Weise abgeändert, dass die Flüssigkeiten nicht 15 sondern 30 Minuten lang bei + 40° C. aufeinander einwirken konnten. Sowohl mit, wie auch ohne Beigabe von Chloroformwasser sind unter diesen Versuchsbedingungen genau übereinstimmend 424 mg N pro 100 ccm Milch gelöst.

Versuche mit Baumwollsaatmehl. Gutes Baumwollsaatmehl liessen wir absieben und verwendeten diejenigen Anteile, welche eine Korngrösse von 0,2—0,5 mm hatten. Die Analyse der Nh.-Substanzen ergab folgendes:

| | |
|---|---|
| Amid = N . . . . . . . . . . . | 0,213 % |
| N in Form von pepsinlöslichem Eiweiss | 6,069 „ |
| N nicht löslich . . . . . . . . . . | 1,661 „ |
| Gesamt-N = | 7,943 % |

Zu nachstehend mitgeteilten Versuchen sind stets 1,6477 g benutzt, enthaltend 100 mg pepsinlöslichen N und 3,5 mg N in Form von Amiden. Auf je 100 mg N (in Form von pepsinlöslichem Eiweiss), welche in 500 ccm Flüssigkeit verteilt waren, liessen wir 30 Minuten lang bei + 40° C. 50 ccm Magensaft einwirken. Der Gesamtgehalt der Flüssigkeit an HCl war 0,25 g (= 0,05 %). — 50 ccm des Magensaftes enthielten 29,660 g N. Dieser N ist bei Berechnung der Resultate in Abzug zu bringen. Der Magensaft war frisch bereitet und hatte zur Konservierung dienende Zusätze nicht empfangen. Die abgewogenen 1,6477 g des Baumwollsaatmehles liessen wir bei Versuch 2 mit 100 ccm Wasser, welches bei + 40° C. mit Chloroform gesättigt war, ungefähr 16 Stunden lang in Berührung, um die Substanz aufzuquellen. Bei Versuch 3 ist soviel Chloroform hinzugegossen, dass in der Gesamtflüssigkeit (500 ccm) einige Tropfen des Chloroforms ungelöst am Boden des Gefässes zurückblieben. Für alle übrigen Versuche wurde zum Aufquellen der Substanz reines destilliertes Wasser verwendet. Die Zusätze von Thymol (bezw. von Salicylsäure) sind der aufgeweichten Substanz $^1/_2$ Stunde vor dem Erwärmen auf + 40° C. und vor der Beigabe von Magensaft beigegeben. Die Flüssigkeit wurde während dieser Zeit häufig geschüttelt, um die Konser-

| No. des Versuchs | In 500 ccm Flüssigkeit sind enthalten: | | | | Zusätze | Zeitdauer der Einwirkg. auf + 38—40° C. | Gefundener N in 100 ccm des Filtrats | An N sind demnach in 500 ccm enthalten | Nach Abzug des Amid-Stickstoffs (= 3,5 mg) sowie des im Magensaft ursprüngl. vorhand. N verbl. f. gelöst. N in Form von pepsinlösl. Eiweiss: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | saurer Magensaft | saures Wasser | Gesamtgehalt der verwendeten Flüssigkeiten an HCl | | | | | | |
| | ccm | ccm | g in 500 ccm | pCt. | g | Minuten | mg | mg | mg |
| 1. | 50 | 450 | 0,25 | 0,05 | keine — | 30 | 18,860 | 94,300 | 61,1 |
| 2. | " | 350 | " | " | Chloroformwasser 100 ccm | " | " | " | 61,1 |
| 3. | " | 450 | " | " | Chloroform, grössere Mengen | " | " | " | 61,1 |
| 4. | " | " | " | " | Salicylsäure 10 mg | " | " | " | 61,1 |
| 5. | " | " | " | " | " 50 " | " | " | " | 61,1 |
| 6. | " | " | " | " | " 250 " | | 16,926 | 84,631 | 51,4 |
| 7. | " | " | " | " | " 400 " | | 15,152 | 75,760 | 42,6 |
| 8. | " | " | " | " | " 500 " | | 12,573 | 62,865 | 29,7 |
| 9. | " | " | " | " | Thymol 10 " | | 18,860 | 94,300 | 61,1 |
| 10. | " | " | " | " | " 50 " | | " | " | 61,1 |
| 11. | " | " | " | " | " 250 " | | " | " | 61,1 |
| 12. | " | " | " | " | " 500 " | | " | " | 61,1 |

vierungsmittel zu lösen, bezw. in der Flüssigkeit innig zu verteilen. Aus vorstehender Tabelle ist die völlige Unschädlichkeit des Chloroforms und des Thymols zu ersehen, während die vergleichsweise auf ihre Wirkung ebenfalls geprüfte Salicylsäure bereits bei einem Gehalte von 0,05 % Salicylsäure unter den gegebenen Versuchsbedingungen nachteilig auf die Verdauung einwirkte.

Die Salicylsäure ist zu früheren Verdauungsversuchen (bei Feststellung der Gesamtmenge der verdaulichen Eiweissstoffe) als Konservierungsmittel verwendet[1]) und hatte offenbar aus dem Grunde keine nachteilige Wirkung äussern können, weil die Verdauungsflüssigkeit sehr lange Zeit hindurch und in einem grossen Überschusse mit der zu prüfenden Substanz in Berührung blieb. In Zukunft dürfte für derartige Versuche die Verwendung von Salicylsäure in geringen Mengen ebenfalls nicht zu verwerfen sein. Will man dagegen nach dieser neuen Versuchsmethode die schnellere oder langsamere Verdaulichkeit der Eiweissstoffe ermitteln, so halten wir den Gebrauch von Thymol, statt Salicylsäure, für unbedingt nötig. — Chloroform hat als Konservierungsmittel des sauren Magensaftes nicht so gut sich bewährt.

### 4. Zusammenstellung der bei den bisherigen Versuchen erhaltenen Ergebnisse über die Methode der Untersuchung.

Bei Beginn dieser Arbeiten war ich im Wesentlichen von folgenden Voraussetzungen ausgegangen:

Die in den Futter- und Nahrungsmitteln enthaltenen, durch Magensaft verdaulichen Proteinstoffe sind höchstwahrscheinlich nicht gleichwertig. Vermutlich werden gewisse Eiweissstoffe schneller durch Magensaft gelöst, als andere, weil die chemische Beschaffenheit der verschiedenen Eiweisssubstanzen eine ungleiche ist. — Abgesehen hiervon vermögen in den Futtermitteln vorhandene Nebenbestandteile der Einwirkung des mit der Salzsäure verbundenen Pepsins wahrscheinlich einen mechanischen Widerstand entgegen zu setzen und bewirken dann ebenfalls einen Unterschied in der Verdaulichkeit.

Bei Ausführung von Versuchen, welche über obige Frage Aufklärung geben sollten, beabsichtigte ich, die mechanischen

---

[1]) s. diese Zeitschr. Bd. 36. S. 323.

Widerstände, die durch zu geringen Feuchtigkeitsgehalt oder zu grobkörniger Beschaffenheit der Substanz bedingt sein können, auf ein geringes Mass einzuschränken, die Wirkung von Fett und anderen eiweiss**umhüllenden** Substanzen genauer festzustellen und alle Bedingungen zu schaffen, welche eine möglichst ungehinderte Einwirkung des Pepsins und der Salzsäure auf die Eiweissstoffe ermöglichen. Die Menge der lösenden Agentien und die Zeitdauer der Einwirkung derselben musste so geregelt werden, dass nur eine **teilweise** Verdauung stattfand, aber dennoch geringe Abweichungen hinsichtlich der Menge der Verdauungsflüssigkeit oder in der Zeit der Einwirkung einen störenden Einfluss auf die Genauigkeit des Resultates nicht auszuüben vermochten. Kontrolversuche, welche unter gleichen Versuchsbedingungen ausgeführt waren, durften keine abweichenden Ergebnisse liefern. Durch Untersuchungen **verschiedenartiger** Substanzen mussten etwaige Unterschiede in der Löslichkeit der Eiweissstoffe deutlich hervortreten und die Methode so empfindlich sein, dass durch Beigabe gewisser Mittel, welche nach den bisherigen Erfahrungen verdauungs**störend** zu wirken scheinen, die Beeinträchtigung der Verdaulichkeit gegebenen Falls scharf zu beobachten war. Wenn möglich, sollten ferner die durch die Art der Zubereitung der Futtermittel (durch Trocknen, Dämpfen u. s. w.) veranlassten Änderungen in der Verdaulichkeit der Eiweissstoffe ermittelt werden können, und überhaupt die Methode einen **praktischen** Wert erhalten.

Diese Aufgaben sind durch die bisherigen Versuche nur teilweise gelöst, und ist zu hoffen, dass durch eine weitere Ausarbeitung der Versuchs**methode** neue Anhaltspunkte über die Wertschätzung der in Nahrungs- und Futtermitteln enthaltenen Eiweissstoffe sich gewinnen lassen.

Nach Massgabe der bisherigen Versuchsergebnisse werden wir bei den ferneren Versuchen in folgender Weise verfahren:

Von dem Untersuchungsobjekt, welches genügend zerkleinert sein muss, ist zunächst die Analyse der Nh.-Bestandteile auszuführen und insbesondere festzustellen:

1. Der Gehalt an Gesamt-N (nach Methode Kjeldahl).
2. Der Gehalt an N in Form von Amiden etc. (Fällung mit Kupferoxydhydrat).
3. Der durch sauren Magensaft **lösliche** N nach Abzug des Amid-Stickstoffs.

Die Menge dieser löslichen, kurzweg als „pepsinlöslich“ bezeichneten N-Verbindungen wird nach Angabe dieser Zeitschrift Bd. 36 S. 327 ermittelt. (Auf die lufttrockene Substanz sollen 400 ccm Magensaft, 0,2 °/₀ HCl enthaltend, 24 Stunden lang bei 38—40° C. einwirken). Zu jedem Einzelversuch wäge man so viel von der Substanz ab, dass hierin genau 100 mg N in „pepsinlöslicher“ Form enthalten ist.

Sodann wird die abgewogene Substanz zweckmässig in einen Erlenmeyerkolben von $^3/_4$ Liter Rauminhalt geschüttet und mit 200 ccm Wasser übergossen. Das Wasser muss eine Temperatur von 40° C. haben und mit Chloroform vollständig gesättigt sein. Dieses Gemisch lässt man, um die Substanz aufzuquellen, eine Nacht hindurch (14—16 Stunden lang) stehen, schüttelt am Abend sowie am frühen Morgen wiederholt um und erwärmt die Mischung dann im Wasserbade auf + 37—40° C. Auf die gleiche Temperatur bringe man den zu den Versuchen erforderlichen Magensaft, die verdünnte (1 °/₀-) Salzsäure sowie destilliertes Wasser und pipettiere 100 ccm des Magensaftes (0,2 °/₀ HCl enthaltend), ferner bei einem Versuch 5, bei einem zweiten 30 und bei einem dritten = 80 ccm einer 1 °/₀-Salzsäure in einen Kolben von 300 ccm Rauminhalt. Mit Wasser von + 40° C. wird bis zur Marke schnell aufgefüllt und die gemischte Flüssigkeit in den Erlenmeyerkolben zu der hierin befindlichen Substanz hinzugegossen. Die Erwärmung auf + 37 bis 40° C. setzen wir genau 30 Minuten lang fort und bringen während dieser Zeit in Zwischenräumen von 5 zu 5 Minuten durch gelindes Umschwenken den Inhalt der einzelnen Gläser in wirbelnde Bewegung, um eine wiederholte Mischung der Bestandteile zu erzielen.

Gleichzeitig werden die zum Filtrieren dienenden Gefässe vorbereitet, und grosse, doppelte Faltenfilter aus einem guten, schnell durchlassenden Papier hergestelllt. Hierzu benutzen wir ein Papier von Wenderoth in Cassel (Marke $^{45}/_{45}$), welches auch für andere Zwecke im Laboratorium seit vielen Jahren bei uns in Gebrauch ist.

Von dem warmen Filtrat messe man möglichst schnell je 100 ccm mittelst einer Pipette ab, bringe diese Flüssigkeit in einen Aufschliesskolben von 350 ccm Rauminhalt, füge 10 ccm konzentr. Schwefelsäure und einige Tropfen Quecksilber hinzu und bestimme den N darin nach Methode Kjeldahl. Die für

N gefundene Zahl wird mit 5 multipliziert und die Menge des in Form von Amiden, sowie des im Magensaft ursprünglich vorhandenen Stickstoffs in Abzug gebracht.

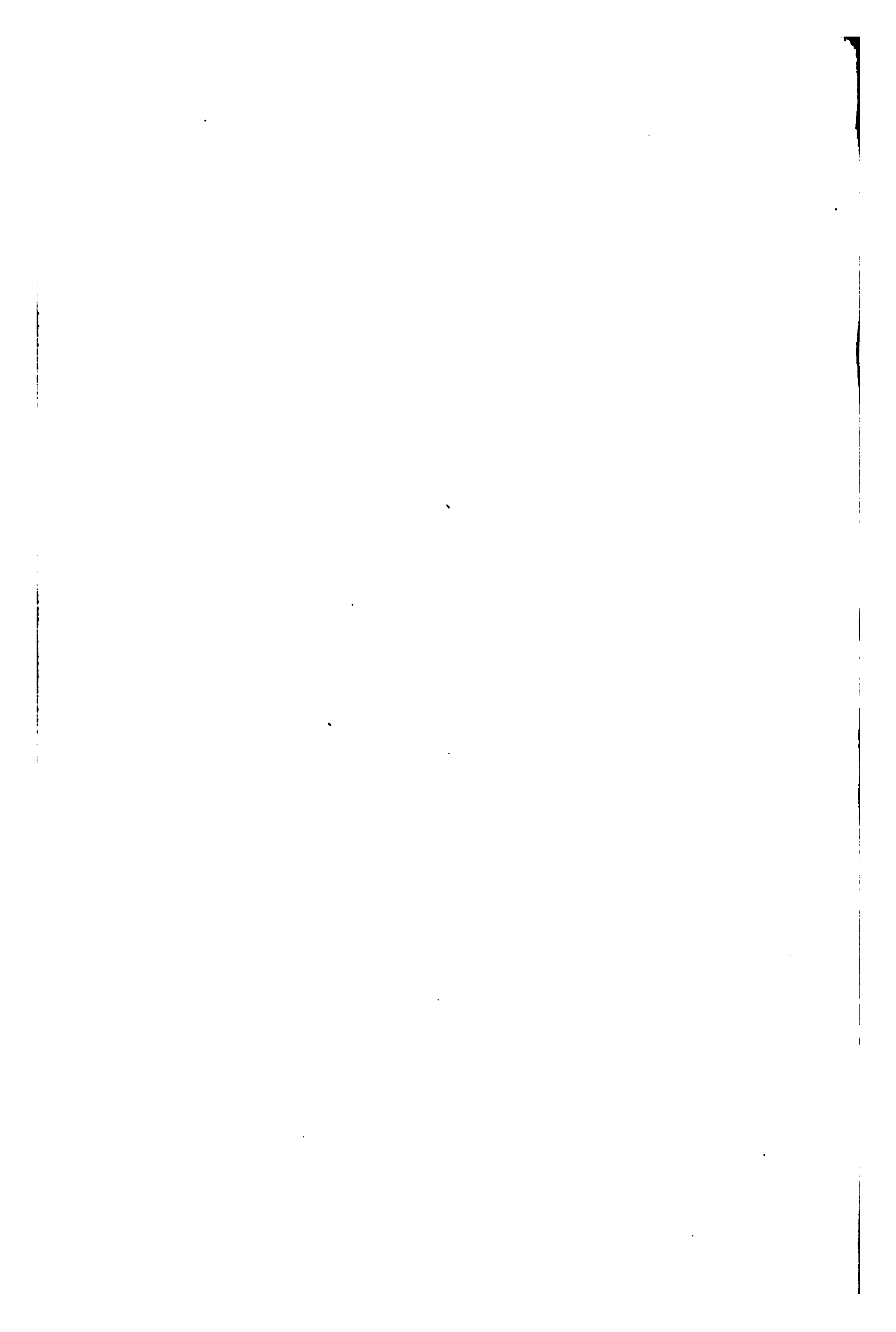
In den meisten Fällen wird es von Wert sein, auch die alleinige Wirkung der Salzsäure, ohne Pepsin, zu ermitteln. Man verfährt dann in gleicher Weise wie oben angegeben ist, jedoch mit dem Unterschiede, dass der Magensaft fortbleibt und bei einem Versuche 25, bei einem zweiten 50, bei einem dritten = 100 ccm einer verdünnten Salzsäure, welche in 100 ccm genau 1 g HCl enthält, dem zuzusetzenden Wasser beigemengt wird.

Die Versuche ergeben demnach, wieviel von 100 mg N in Form von pepsinlöslichem Eiweiss, welche in 500 ccm Flüssigkeit mit der betreffenden Ursprungssubstanz verteilt sind, gelöst wird: durch 0,05 — 0,10 — 0,20 % HCl, zunächst in Gegenwart, dann in Abwesenheit von Pepsin.

In der Regel dürfte ausserdem die Ermittelung der nur in Wasser löslichen Stickstoffsubstanz Anhaltspunkte für die Wertschätzung der betreffenden Eiweisssubstanz bieten.

Mit der Beantwortung einiger Fragen, welche zur weiteren Ausbildung der Versuchsmethode dienen, hoffen wir demnächst uns beschäftigen zu können.

---



# Die Zusammensetzung der Futtermittelfette.

Von

Dr. AUGUST STELLWAAG.

(Aus dem Laboratorium der Kgl. landwirtschaftlichen Central-Versuchs-Station für Bayern.)

---

Bei der Wertbestimmung der landwirtschaftlichen Futtermittel fasst man nach dem gegenwärtig eingehaltenen Verfahren immer mehrere Bestandteile in eine Gruppe zusammen: — stickstoffhaltige Stoffe, stickstofffreie Extraktstoffe, Fett resp. Ätherextrakt, Rohfaser — hierbei von der Voraussetzung ausgehend, dass die einzelnen Komponenten einer solchen Gruppe, welche sich bei der Futtermittelanalyse gleichartig verhalten, auch physiologisch gleichwertig sind, oder dass einzelne Gruppenglieder, wenn sie hinsichtlich ihrer Nährwirkung minderwertig sind, auch nach einem verhältnismässig niedrigen Prozentsatz in der Gruppe vertreten sind. Wie unzutreffend im Allgemeinen diese Voraussetzungen sind, haben die wichtigen Untersuchungen gezeigt, welche im Laufe des letzten Jahrzehntes namentlich von E. Schulze und seinen Schülern über die stickstoffhaltigen Verbindungen der pflanzlichen Futtermittel ausgeführt wurden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen haben vielfach zu einer wesentlichen Änderung unserer Anschauungen über den Nährwert mancher Futtermittel geführt und speziell der Befund, dass manche Futterstoffe ausser Eiweiss oft beträchtliche Mengen von Amidverbindungen neben salpetersauren und Ammoniaksalzen [1]) etc. ent-

---

[1]) z. B. treffen nach Schulze und Urich in gelben Futterrüben von 100 Gesamt-Stickstoff 21,59 auf Eiweiss, 35,86 auf Amidverbindungen, 44,06 auf Salpetersäure, 2,09 auf Ammoniak (Landw. Vers.-Stationen Bd. 18 S. 319).

halten, hat eine Reihe von Arbeiten auf dem Gebiete der landwirtschaftlichen Fütterungslehre in ein andereres Licht gestellt. Als eine Konsequenz der in dieser Frage erzielten Erfolge stellt sich die Forderung von selbst auf, auch die anderen Nährstoffgruppen in ähnlicher Weise zu behandeln, d. h. die Natur der einzelnen Komponenten zu ermitteln oder doch wenigstens die Mengen solcher Stoffe festzustellen, welche hinsichtlich ihrer Nährwirkung minderwertig oder wertlos sind. Als ein Beitrag zur Kennzeichnung des „Fettes“ oder richtiger des „Ätherextraktes“ der Futtermittel mögen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit dienen.

Neben den Proteinkörpern bildet das Fett den wertvollsten Bestandteil der landwirtschaftlichen Futtermittel, und zwar sowohl inbezug auf seine Nährwirkung, als auch hinsichtlich seines Handelswertes. Ein gewisser Gehalt des Gesamtfutters an Fett spielt nicht nur eine wesentliche Rolle bei der Nährwirkung selbst, sondern äussert auch, wie die Erfahrung lehrt, einen günstigen diätetischen Einfluss.

Unter „Fett“ wird in der Futtermittelanalyse der in Äther lösliche Anteil der Futtermittel verstanden. Von den als Lösungsmittel für Fett inbetracht kommenden Flüssigkeiten ist der (Äthyl-) Äther nach mehrfachen Richtungen hin das bequemste, wenn auch sicherlich nicht das schärfste Trennungsmittel des Fettes vom „Nichtfett“. Leicht siedender Petroleumäther ist z. B. ein spezifischeres Lösungsmittel für Fett als Äther. So lösen sich, allgemein gesprochen, eine Reihe freier Mineral- und organischer Säuren, Bienenwachs etc. weitaus schwerer in Benzin, als in Äther. (Benzoesäure löst sich in 2 Teilen Äther und ca. 1000 Teilen Petroleumäther.) Für die meisten Fälle wird jedoch die Eigenschaft des Äthers, ein allgemeineres Lösungsmittel zu sein, als andere Flüssigkeiten, welche Fett leicht zu lösen vermögen, die mit der Anwendung des Äthers verbundenen sonstigen Vorteile praktisch-analytischer Natur in den Vordergrund treten lassen. Ausser durch die Natur des Lösungsmittels wird der Begriff „Fett“ enger oder weiter begrenzt durch die Extraktionsmethoden. Früher extrahierte man das Fett in bürettenartigen Extraktionsröhren oder durch digerieren im Kölbchen mit verhältnismässig geringen Mengen kalten Äthers. Seit längerer Zeit bedient man sich zur Extraktion der kontinuierlich wirkenden Extraktionsapparate, bei welcher Arbeitsweise

verhältnismässig sehr grosse Mengen warmen, meist siedenden Äthers zur Anwendung kommen. So z. B. werden bei Anwendung des SOXHLET'schen Fettextraktionsapparates alle 3 Minuten ca. 75 cc siedender Äther durch die Substanz filtrieren, bei einer 4stündigen Extraktionsdauer demnach 5 g Substanz mit ca. 6 Liter siedenden Äthers extrahiert. Durch eine derartige Arbeitsweise wird zwar thatsächlich mehr „Reinfett“ aus den Futtermitteln extrahiert, gleichzeitig aber auch der „Reinheitsquotient“ des Extraktes selbstredend umsomehr herabgedrückt, je grösser das zur Einwirkung gelangende Ätherquantum und je mehr in Äther schwer lösliches „Nichtfett“ vorhanden ist. Letzterer Umstand, dass bei der vollständigen Extraktion der Gehalt des Ätherextraktes an „Nichtfett“ ein grösserer ist, bietet noch mehr Anlass, als früher schon gegeben war, den Gehalt des Ätherextraktes an „Nichtfett“ in allen Fällen Aufmerksamkeit zu schenken, in welchen die Wirkung des eigentlichen Fettes in Frage kommt. (Versuche über Fettbildung, Fettablagerung aus Nahrungsfett, Verdaulichkeit des Nahrungsfettes, Nährwirkung verschiedener Futtermittel, soweit deren Fettgehalt hierbei eine Rolle spielt etc.)[1])

Gewiss ist es, dass der unverseifbare Anteil des Äther- (oder Benzin-) Extraktes bei den meisten Futtermitteln aus Cholesterin besteht oder neben diesem wachsartige Bestandteile enthält, welche beide aller Wahrscheinlichkeit nach für die Ernährung der Tiere wertlos sind. Hinsichtlich des Lecithins liegen die Verhältnisse aber sicherlich anders; wenn auch nach den Untersuchungen BOKAY's[1]) es nicht wahrscheinlich ist, dass das Lecithin der Nahrung als solches in der Nerven- und Gehirnsubstanz abgelagert und direkt als Bildungsmaterial für diese wichtigen Organe verwendet wird, so kann man andererseits doch aus der Spaltungsweise des Lecithins bei der Verseifung schliessen, dass es den Neutralfetten in seiner Nährwirkung sehr nahe steht. (Spaltung durch Barythydrat beim Kochen in Stearinsäure resp. Palmitin- oder Oleinsäure, Glycerinphosphorsäure und Cholin; wenn nur Stearinsäure allein abgespalten wird, so beträgt dessen Menge 70,4 %.)

Aber auch die Kenntnis einer physikalischen Eigenschaft des Nahrungsfettes, des Schmelzpunktes, hat in manchen Fällen

---

[1]) Zeitschrift für physiologische Chemie I. 156.

ein praktisches Interesse, sofern es sich um die Beeinflussung der Konsistenz des Körperfettes durch das Nahrungsfett handelt. So z. B. ist es eine durch die Erfahrung unzweifelhaft festgestellte Thatsache, dass bei starker Fütterung der Milchkühe mit Maisschlempe, in welch' letzterer das Fett in Form eines Öles von niedrigem Schmelzpunkt enthalten ist, der Schmelzpunkt des Milchfettes so herabgedrückt wird, dass aus einer unter den genannten Verhältnissen produzierten Milch sich nur eine weiche, schmierige, kaum marktfähige Butter gewinnen lässt. Für die Betrachtung der Beziehung zwischen Konsistenz des Nahrungs- und Körperfettes ist aber zu berücksichtigen, dass manche Futtermittel beträchtliche Mengen freie Fettsäuren enthalten, deren Schmelzpunkt ja immer höher liegt, als der des betreffenden Neutralfettes, und dass infolge dieses Umstandes solche an freien Fettsäuren reiche Fette von scheinbar festerer Konsistenz sind, als das Neutralfett, welches sich im Tierkörper aus diesen freien Fettsäuren bildet. Letztere Umwandlungsweise geht bekanntlich leicht und rasch im tierischen Organismus vor sich und da weiters hiefür nur geringe Mengen von Glycerin verbraucht werden, so leuchtet ein, dass die freien Fettsäuren des Nahrungsfettes als Nahrungsstoff mit Neutralfetten nahezu gleichwertig sind.

Von diesen Gesichtspunkten aus haben die Bestimmung des Schmelzpunktes, des Gehaltes der Fette an Neutralfett und freien Fettsäuren ein praktisches Interesse. Die weiters mitzuteilenden Verseifungszahlen und Werte für das Molekulargewicht der abgeschiedenen Fettsäuren sind als Beitrag zur Charakteristik der Futtermittelfette im Allgemeinen aufzufassen.

Zur Bestimmung der freien Fettsäuren neben Neutralfett hat HAUSAMANN[1]) eine Methode angegeben, welche nach Ermittelung des Molekulargewichtes des Fettsäuregemenges den Gehalt an Neutralfett und freien Fettsäuren festzustellen gestattet. Das auf gleichem Prinzipe beruhende Verfahren GROEGER's[2]) sowie das von YSSEL DE SCHEPPER und A. GEITEL[3]) gestatten ebenfalls die Bestimmung von Neutralfett neben freien Fettsäuren. Die von HAUSAMANN erdachte und von GROEGER weiter

[1]) DINGLERS polytechnisches Journal 1881. Bd. 240. S. 62.
[2]) " " " 1882. Bd. 244. S. 303.
[3]) " " " 1882. Bd. 245. S. 295.

ausgebildete Methode ist nach Zulkowsky[1]) der verschiedensten Anwendung fähig und gestattet nicht nur den Gehalt an freien Fettsäuren und Neutralfett, sondern auch den Glyceringehalt und das Molekulargewicht des Fettsäuregemenges zu bestimmen.

Die von Koettstorfer[2]) vorgeschlagene Methode zur Prüfung der Butter, welche die Ermittelung der zum Verseifen von 1 g Butterfett nötigen Menge Ätzkali zum Gegenstande hat, benützte Valenta[3]) zur Untersuchung einer Anzahl Pflanzenfette und hat hierbei besonders für Palmkernöl und Kokusnussöl Werte erhalten, welche auf die Gegenwart von Fettsäuren mit niedrigerem Kohlenstoffgehalt als Palmitinsäure etc. in diesen Ölen schliessen lassen.

In dem unverseifbaren, in Äther löslichen Rückstand der Pflanzenfette wurde von Beneke[4]) das in fast allen tierischen Säften vorkommende Cholesterin nachgewiesen und nach den Untersuchungen von E. Schulze und Barbieri[5]) sind in den Pflanzen eine Reihe von Cholesterinen vorhanden, und von denselben als Phytosterin, Paracholestrin u. s. w. bezeichnet worden. Über den Gehalt der Pflanzenfette an Phosphor resp. Lecithin liegen mehrere Arbeiten vor; Bayer[6]) fand in dem Fette der Lupinen 0,098 % Phosphor und Toepler[7]) konnte in den meisten Pflanzenfetten einen Gehalt an Phosphor konstatieren, welcher im Fette der Erbsen über 1 % stieg. In neuester Zeit befassten sich Jakobson,[8]) E. Schulze und E. Steiger[9]) mit diesem Gegenstande; letztere zeigten, dass die Hauptmenge des Lecithins — speziell bei Lupinen — in dem alkoholischen Auszug der vorher mit Äther extrahierten Samen enthalten ist, dass nur verhältnismässig geringe und je nach Art und Dauer der Extraktion wechselnde Mengen von Lecithin in den Ätherextrakt übergehen, und erklärten die stark differierenden Angaben Toepler's und Jakobson's über den Lecithingehalt der Samenfette aus den angegebenen Gesichtspunkten.

---

[1]) Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft 1883. 16. Jhrg. 1140 u. 1315.
[2]) Zeitschrift für anal. Chemie 1879. Bd. 18. S. 199 u. 431.
[3]) Dinglers polytechn. Journal 1883. Bd. 249. S. 270.
[4]) Annal. der Chemie und Pharmazie. Bd. 122. S. 249.
[5]) Journal für praktische Chemie 1882. Bd. 25. S. 159.
[6]) Landw. Versuchs-Stationen Bd. 14. S. 161.
[7]) Jahresbr. für Agrikulturchemie 1861—1862.
[8]) Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 13. S. 32. 1889.
[9]) Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 13. S. 365. 1889.

Die hier mitzuteilenden eigenen Zahlen über den Lecithingehalt der Futtermittelfette geben daher keinen Anhaltspunkt für die Mengen des in den Futtermitteln selbst enthaltenen Lecithins, sondern zeigen nur, worauf es ja hier allein ankommt, welchen Anteil das Lecithin an der Zusammensetzung des analytisch bestimmten — in der Futtermittelanalyse als „Rohfett“ bezeichneten — Ätherextraktes hat.

Über das in vorliegender Arbeit angewandte Verfahren der Darstellung der Futtermittelextrakte, sowie über die zur Untersuchung der Extrakte benützten Methoden geben die folgenden Mitteilungen näheren Aufschluss.

Darstellung der Äther- resp. Benzinextrakte:

Zur Gewinnung des Ätherextraktes wurden die lufttrockenen, fein gemahlenen Futtermaterialien in einem geräumigen Extraktionsapparate aus Weissblech, welcher dem kleinen für die gewichtsanalytische Fettbestimmung konstruierten Zulkowsky-Wolfbauer'schen [1]) Extraktionsapparate nachgebildet war, 3 Tage am Rückflusskühler mit Äther extrahiert. Die längere Zeit fortgesetzte Extraktion der Futtermittel erfolgte deswegen, um auch die in Äther schwerer löslichen Substanzen zu gewinnen und so die bei der Analyse zur Geltung kommenden Extraktionsbedingungen einzuhalten. Nach dem Abdestillieren des Äthers aus der Atherfettlösung wurde das Fett bei 45—50° C. im Vacuum getrocknet.

In der gleichen Weise wie die Ätherextrakte wurden auch die Benzinextrakte hergestellt und untersucht. Zur Extraktion wurde Benzin vom Siedepunkt 45—60° C. verwendet, welches aus käuflichem Benzin durch fraktionierte Destillation gewonnen war. Die Darstellung der Benzinextrakte erfolgte etwa $^1/_2$ Jahr früher, als die der Ätherextrakte (1884); in manchen Fällen mussten unliebsamer Weise zur Ätherextraktion Materialien anderer Herkunft verwendet werden, so dass sich ein direkter Vergleich des Ätherextraktes mit dem Benzinextrakt in allen Fällen nicht anstellen lässt.

Zur Bestimmung der freien Fettsäuren, des Neutralfettes, des Molekulargewichts der Fettsäuren und der Verseifungszahl wurde im Prinzipe nach den von Koettstorfer, Hausamann und Valenta angegebenen Methoden verfahren, zum Teil ge-

---

[1]) Bericht der Wiener landwirtschaftlichen Versuchsstation 1878.

langten diese Methoden aber auch wesentlich modifiziert zur Anwendung.

1. Bestimmung der freien Fettsäuren.

Die von den meisten Autoren benützte alkoholische Kalilauge hat einen sehr veränderlichen Titer, deshalb wurde nach dem Vorgange Stohmann's[1]) die Anwendung wässeriger Natronlauge zum Titrieren der freien Fettsäuren versucht. Da in der Regel nur ein geringer Teil der Fette in kaltem Alkohol vollständig löslich ist und die Ausführung der Titrierung wegen der ungelöst bleibenden Fettbestandteile schwieriger ist, so versuchte ich die ätherische Lösung der Fette unter Zusatz von absolutem Alkohol mit $^1/_2$ Normal-Natronlauge zu titrieren. Ein zur Bestimmung des Molekulargewichts in käuflicher Stearinsäure ausgeführter Versuch ergab, dass sich Fettsäuren auf diese Weise mit wässeriger Natronlauge hinreichend genau titrieren lassen. So wurde gefunden bei Anwendung von absolutem Alkohol und einer Äther-Alkoholmischung:

1,265 g Stearinsäure in 100 ccm Alkohol gelöst : Molekulargew. 266,3,
3,221 g „ „ „ „ : „ 266,7,
3,287 g „ „ 100 ccm Äther + 50 ccm Alkohol gelöst : Molekulargew. 266,07.

Dieses Resultat gab Veranlassung, die Bestimmung der Fettsäuren in folgender Weise vorzunehmen: 4—5 g Fett werden in 100 ccm Äther gelöst, 50 cc absoluter Alkohol zugegeben und nach Zusatz von 3—4 Tropfen einer 2 %igen alkoholischen Phenolphtaleinlösung mit $^1/_2$ Normal-Natronlauge bis zur bleibenden Rotfärbung versetzt. Die zur Neutralisation von 100 cc Äther + 50 ccm Alkohol nötige Menge Natronlauge ist sehr gering, da 2 Tropfen der Lauge in der angegebenen Menge dieser Äther = Alkoholmischung nach Zusatz von 3—4 Tropfen Phenolphtaleinlösung eine bleibende Rotfärbung hervorriefen.

2. Bestimmung der durch Ätzkali nicht verseifbaren Bestandteile, der Gesamt-Fettsäuren und des Molekulargewichts der Fettsäuren.

Die Verseifung des Fettes wurde mit einem grossen Überschuss von Atzkali nach der von Hehner zur Prüfung des Butterfettes angegebenen Methode ausgeführt und zwar wie folgt: ca. 3,5 g gepulvertes Ätzkali werden in eine Schüttelflasche, wie dieselbe bei der araeometrischen Fettbestimmungsmethode

[1]) Journal für prakt. Chemie 1881. Bd. 24. S. 506.

von SOXHLET verwendet wird, gebracht, mit 15 Tropfen Wasser versetzt, 4—5 g Fett in die Flasche gewogen (durch Gewichtsdifferenz eines mit einer Pipette gewogenen Gläschens bestimmt), 100 cc abs. Alkohol zugegeben und das Gemisch im Wasserbade unter gelindem Sieden des Alkohols und öfterem Umschütteln $^1/_2$ Stunde am Rückflusskühler erhitzt. Um bei dem hierauffolgenden Eindampfen der alkoholischen Seifenlösung eine allenfalls zersetzende Einwirkung überschüssig vorhandenen Ätzkalis zu vermeiden, wurde die alkoholische Seifenlösung nach Zusatz einiger Tropfen Phenolphtaleinlösung mit verdünnter Schwefelsäure (1 : 3) annähernd neutralisiert und durch Zusatz von 10 cc $^1/_2$ Normal-Natronlauge wieder schwach alkalisch gemacht. Die völlige Eindampfung der Seifenlösung behufs Verjagung des Alkohols erfolgte durch Erhitzen der Schüttelflasche im Kochsalzbade. Nach HOPPE-SEYLER trennt man das Cholesterin von den Seifen durch Ausschütteln der Seifenlösung mit Äther. Bei der Ausführung solcher Ausschüttelungen in üblicher Weise traten aber unüberwindliche Schwierigkeiten dadurch ein, dass Äther und Seifenlösung eine Gallerte bildeten, aus welcher sich erst nach tagelangem Stehen eine ganz geringe Ätherschicht absetzte. Nach vielen vergeblichen Versuchen führte folgendes Verfahren zum Ziele: die nach der Behandlung im Kochsalzbade in der Schüttelflasche zurückbleibende Seife wird in 50 ccm heissem Wasser gelöst und nach dem Erkalten mit 100 ccm Äther ausgeschüttelt. In ca. 12 Stunden hat sich die Ätherschicht von der Seifenlösung vollständig getrennt und wird in der folgenden Weise für sich gewonnen: Nachdem man einen doppelt durchbohrten, mit entsprechend knieförmig gebogenen Röhren versehenen Korkstöpsel auf die Flasche gesetzt hat, wird vermittelst eines Gummiballons die Ätherschicht in einen 200 ccm Kolben gedrückt. Nach nochmaligem Ausschütteln mit 100 ccm Äther und Abziehen der Ätherflüssigkeit in der angegebenen Weise wird zu 200 ccm aufgefüllt. Ist die Ätherlösung nicht ganz klar, so wird dieselbe in die Messpipette in der Weise filtriert, dass auf den Kolben ein doppelt durchbohrter Kork aufgesetzt wird, der ein knieförmiges und ein gerades bis fast an den Boden des Kolbens reichendes, unten etwas erweitertes Rohr trägt, dessen Erweiterung mit extrahierter Baumwolle gefüllt ist und dass sodann vermittelst eines Blasebalges 150 ccm Lösung in eine Pipette gedrückt werden.

Nach dem Verdunsten des Äthers wird der Rückstand bei 100° C. getrocknet, gewogen und auf das Ganze berechnet.

Dass ein zweimaliges Ausschütteln der Seifenlösung zur Bestimmung der unverseifbaren Bestandteile genügt, geht aus folgendem Versuch hervor: 5,5 g Talg wurden mit 0,2 g Cholesterin versetzt, in der angegebenen Weise verseift, zweimal mit Äther ausgeschüttelt und nach dem Trocknen 0,203 g statt der angewandten 0,200 g Cholesterin gefunden. Bei Fetten, welche bei den zwei ersten Ausschüttelungen ziemlich viel unverseifbaren Rückstand ergaben, wie bei Roggen-, Wicken-, Buchweizen-, Heu- oder Malzkeimefett, wurden die Ausschüttelungen statt ein- zweimal wiederholt.

Die rückständige, von Cholesterin etc. befreite Seifenlösung wird sodann nach Zusatz von 10 ccm $^1/_2$ Normal-Schwefelsäure zur Neutralisation der vorher zugesetzten 10 cc $^1/_2$ Normal-Natronlauge mit weiteren 50 cc $^1/_2$ Normal-Schwefelsäure zersetzt, die frei gewordenen Fettsäuren 4 mal mit je 50 ccm Äther ausgeschüttelt — die Trennung der Flüssigkeitsschichten erfolgt hier sehr rasch — und auf 250 ccm aufgefüllt, 100 cc in der oben beschriebenen Weise in eine Pipette filtriert und zur Bestimmung der Gesamtfettsäuren in einem gewogenen Kölbchen nach Verdunsten des Äthers im Vacuum bei 40—50° C. so lange getrocknet, bis die Gewichtsabnahme nur noch 3—4 mg beträgt. Völlige Gewichtskonstanz ist wegen Verflüchtigung niedrigerer Fettsäuren oder eintretender Oxydation nicht zu erreichen. Die so getrockneten Fettsäuren werden in 50 ccm Äther gelöst und unter Zusatz von 25 ccm Alkohol und 4 Tropfen der 2%igen Phenolphtaleinlösung mit $^1/_2$ Normal-Natronlauge titriert. Aus dem Gewichte der abgeschiedenen Fettsäuren und der zur Neutralisation derselben verbrauchten Anzahl Kubikcentimeter Normalkali berechnet sich das Molekulargewicht der Fettsäuren nach folgender Formel:

$$p : M = k : 1000,$$

(Hierin bedeutet $p$ das Gewicht der abgeschiedenen Fettsäuren, $k$ die Anzahl der verbrauchten Kubikcentimeter Normalkali, $M$ das Molekulargewicht des Fettsäuregemenges.)

3. Ermittelung der sog. Verseifungszahl.

Um bei der Bestimmung der zu 1 g Fett zur Verseifung nötigen Menge Ätzkali die sonst übliche alkoholische Kalilauge mit ihrem unbeständigen Titer zu vermeiden, wurde versucht,

die Fette in alkoholischer Lösung mit einer wässerigen Natronlauge von bekannten Gehalt zu verseifen und die überschüssige Menge Natronlauge mit $^1/_2$ Normal-Schwefelsäure zurück zu titrieren. Zur Feststellung der Brauchbarkeit dieser Methode wurden 4,767 g Rindertalg in 100 ccm Alkohol gelöst, mit 10 ccm Natronlauge (genau 0,7576 g Na OH in 10 ccm enthaltend) verseift, Phenolphtaleinlösung zugesetzt und mit $^1/_2$ Normal-Schwefelsäure zurücktitriert. Hierbei wurde nach Umrechnung der für 1 g Talg verbrauchten Menge Natron auf Ätzkali bei $^1/_2$stündiger Einwirkung gefunden:

1 g Talg = 197,2 mg KOH,

bei 1 stündiger Verseifung

1 g Talg = 197,2 mg KOH.

Nach den Angaben von Koettstorfer verbraucht 1 g Rindertalg 196,5 mg KOH zur Verseifung.

Die erhaltenen Resultate stimmen mit dem Mittelwerte von Koettstorfer fast genau überein; es genügt also die $^1/_2$stündige Einwirkung der Natronlauge zur vollständigen Verseifung.

Bei Fetten, welche sehr stark braun gefärbt waren, wie Baumwollsamenfett, Fett aus Roggenkleie, und deren Seifenlösungen beim Titrieren den Neutralisationspunkt schwer erkennen liessen, wurde die Lösung nach dem Verseifen mit Alkohol auf 500 ccm aufgefüllt und davon 200 ccm zur Titration verwendet.

4. Bestimmung des in den Pflanzenfetten enthaltenen Phosphors resp. Lecithins.

4—5 g des Fettes werden in die Schmelze von 5 g Salpeter und 5 g calc. Soda allmählich eingetragen, die Schmelze nach der Oxydation in heissem Wasser gelöst, mit Salpetersäure angesäuert und die Phosphorsäure nach der Molybdänmethode bestimmt. Die gewogene Menge pyrophosphorsaurer Magnesia mit 7,2703 multipliziert, ergiebt nach Hoppe-Seyler[1]) die vorhandene Lecithinmenge.

5. Berechnung des Prozentgehaltes der Futtermittelfette an freien Fettsäuren und an Neutralfett.

Diese Berechnung knüpft sich an folgende zwei Voraussetzungen:

---

[1]) Hoppe-Seyler, Handbuch der physiologisch-pathologisch-chemischen Analyse. 5. Aufl. S. 169.

1. Das Lecithin wird bei der Verseifung durch Ätzkali in der Weise mitzersetzt, dass von einem Molekül Lecithin 2 Moleküle Stearinsäure abgespalten werden, welche in die ätherische Lösung der frei gemachten Fettsäuren übergehen.

2. In den ursprünglich im Futtermittelfette enthaltenen freien Fettsäuren befinden sich die einzelnen Fettsäuren in demselben Verhältnis zu einander, wie in den daselbst vorhandenen Neutralfetten.

Die Berechnung selbst ergiebt sich am deutlichsten aus folgendem Beispiel, welches sich auf 100 g „Erbsenrohfett"-Ätherextrakt bezieht:

1. Gewicht der Gesamtfettsäuren . . . . . . . . . . . 87,61 g
2. Stearinsäure abgespalten von 27,37 g Lecithin. (100 Lecithin = 70,4 Stearinsäure) . . . . . . . . . . . . . . 19,28 „
3. Gewicht der freien Fettsäuren + dem der Fettsäuren im Neutralfette . . . . . . . . . . . . . . . . . 68,33 „
4. Na O H entspr. der Menge der Gesamtsäuren (1) . . . 12,16 „
5. Na O H entsprechend den freien Fettsäuren . . . . . 1,69 „
6. Na O H „ der Stearinsäure aus Lecithin (2) . 2,71 „
7. Na O H „ der Menge freier Fettsäuren + der Menge der Fettsäuren im Neutralfette (3) (12,16—2,71) . 9,45 „
8. Menge der freien Fettsäuren nach dem Ansatze 12,16 (Na O H) : 68,33 = 1,69 (Na O H) : $x$ . . . . . . . . 12,22 „
9. Fettsäuren im Neutralfett 68,33—12,22 . . . . . . . 56,11 „
10. Na O H entsprechend Fettsäuren im Neutralfett. 12,16—(1,69 + 2,71) . . . . . . . . . . . . . . . . . 7,76 „
11. Glycerinrest ($C_3H_5$), 7,76 Natronhydrat entsprechend nach Gleichung 120 (3 NaOH) : 38 ($C_3H_5$) = 7,76 : $x$ . . . 2,46 „
12. Neutralfett 56,11 + 2,46 . . . . . . . . . . . . . 58,57 „

Summiert man die für Neutralfett, freie Fettsäuren, Lecithin und unverseifbaren Rückstand gefundenen Prozentzahlen, so findet man, dass dieselben anstatt 100, die Summen von 95—105 liefern. Der Grund liegt zum Teil in der Berechnung des Lecithingehaltes, dann wohl auch darin, dass bei Berechnung der freien Fettsäuren die Annahme gemacht wird, dass dieselben das gleiche Molekulargewicht wie die in dem Neutralfett enthaltenen Fettsäuren haben, sodann in einer teilweisen Verflüchtigung der im Vacuum getrockneten (niedrigen) Fettsäuren, und schliesslich ist eine Oxydation der abgeschiedenen Fettsäuren nicht ausgeschlossen.

### 6. Bestimmung des Schmelzpunktes.

Da die gewöhnlichen Methoden der Schmelzpunktbestim-

mung nach POHL[1]), WIMMEL[2]), RUEDORFF[3]), REDWOOD[4]) etc. meist mit nur geringen Mengen Fett ausgeführt werden und bei Gemischen von Fett mit anderen in Äther löslichen Stoffen, wie ich mich überzeugt habe, zu ganz unbrauchbaren Resultaten führen, so benützte ich das folgende viel zuverlässigere, wenn auch weitaus umständlichere Verfahren: Je 5 ccm gleichmässig geschmolzenen Fettes wurden in ein Reagensglas gebracht; die in einem Gestell befestigten Reagensröhrchen — sämtliche Fettproben wurden gleichzeitig in Untersuchung genommen — wurden in ein Wasserbad gestellt, das Fett klar geschmolzen, sodann in eine Eis-Kochsalz-Kältemischung eingestellt und auf diese Weise zum sofortigem Erstarren gebracht. Lupinenfett und Sonnenblumenfett wurden auch bei zweistündigem Verweilen in der Kältemischung (—5° C.) noch nicht fest. Die so abgekühlten Fette wurden hierauf in ein Wasserbad von 10° C., welches durch einen SOXHLET'schen Kaltwasserregulator konstant auf dieser Temperatur erhalten wurde, eingestellt und hierin 2 Stunden stehen gelassen, welche Zeit zur Annahme der Temperatur des Wasserbades genügen musste. Mittlerweile wurde ein zweites Wasserbad, für konstante Temperaturerhaltung eingerichtet, auf 11° C. gebracht, die Fettproben in dieses eingesenkt und daselbst 1 Stunde erhalten; nach dieser Zeit erfolgte eine Erwärmung der Fette um einen weiteren Grad durch Einstellung derselben in das andere auf 12° C. erwärmte Wasserbad und in dieser Weise wurde fortgefahren, so dass die Fettproben immer je 1 Stunde lang bei einer konstanten Temperatur von 11, 12, 13, 14° etc. etc. C. erhalten wurden. Als Schmelzpunkt des Fettes galt diejenige Temperatur, bei welcher das Fett beim Neigen des Reagensglases als eine dickflüssige Masse gleichmässig von den Wänden des Glases abfloss. Auf diese allerdings umständliche Weise konnte der Schmelzpunkt mit Sicherheit auf 1° C. genau ermittelt werden.

In den beiden S. 148/149 und 150 abgedruckten Tabellen sind sämtliche Untersuchungsergebnisse übersichtlich zusammengestellt.

---

[1]) Polytechnisches Centralblatt 1855 S. 165.
[2]) POGGENDORFF's Annalen d. Physik u. Chemie 1868. Bd. 133 S. 122.
[3]) „ „ „ „ „ „ 1870. „ 140 „ 420.
[4]) FRESENIUS, Zeitschrift für analytische Chemie Bd. 17 S. 510.

Wie früher angeführt, sind die Äther- und Benzinextrakte nicht in allen Fällen vergleichbar, weil bei der Darstellung mancher Extrakte verschiedene Materialien verwendet wurden; dieses gilt für die Extrakte von Weizenkleie, Gerste, Buchweizen, Malzkeimen, Raps-, Lein-, Palmkern-, Sesam- und Baumwollsamenkuchen, während die Extrakte von Roggenkleie, Hafer, Mais, Erbsen, Wicken, Pferdebohnen, Lupinen, Sojabohnen, Coccus-, Erdnuss-, Mohn- und Sonnenblumenkuchen, weil aus dem gleichen Material gewonnen, vergleichbar sind. Zwischen der Darstellung der Benzin- und Ätherextrakte des Sonnenblumenkuchens lag ein Zeitraum von ca. 1/2 Jahr; der höhere Gehalt des Ätherextraktes an freien Fettsäuren dürfte hierdurch, resp. durch die bei längerem Lagern fortschreitende Zersetzung des Fettes zu erklären sein. Von Heu, Kartoffeln und Futterrüben wurde in Rücksicht auf die Schwierigkeit der Gewinnung grösserer Mengen nur der Ätherextrakt dargestellt. Von Reisfuttermehl (12 % Protein, 12 % Fett) gelangte nur der Benzin. extrakt zur Untersuchung.

Über den Unterschied in der Zusammensetzung der Äther- und Benzinextrakte ist Folgendes zu bemerken: Der hauptsächlichste Unterschied zwischen beiden besteht im Lecithingehalt, wodurch auch die anderen Werte und insbesondere die für freie Fettsäuren und Neutralfett verändert werden. Dieses ist namentlich in hohem Masse bei dem Extrakte der Leguminosen der Fall; so enthält

| | der Ätherextrakt | der Benzinextrakt |
|---|---|---|
| der Erbsen . . . | 27,37 % Lecithin. | 6,95 % Lecithin. |
| „ Wicken . . . | 22,94 „ „ | 7,65 „ „ |
| „ Pferdebohnen . | 21,29 „ „ | 4,11 „ „ |
| „ der Lupinen . | 4,51 „ „ | 0,00 „ „ |

Die grosse Differenz im Lecithingehalte erklärt sich jedenfalls dadurch, dass das Lecithin in Äther leichter als in Benzin löslich ist. Einem ähnlichen Verhältnisse hinsichtlich des Lecithingehaltes begegnet man bei dem Äther- und Benzinextrakten der Roggenkleie, Sojabohnen, Erdnuss- und Mohnkuchen (13,27 % gegen 6,24 %), während bei Hafer auffälliger Weise dieses Verhältnis das umgekehrte ist. Letzteres ist wohl in dem noch zu erwähnenden Umstand begründet, dass das Haferfett eine schleimige, aufquellbare Substanz enthält, welche nur durch Thonzellenfiltration mehr oder minder voll-

**Tabelle I.**

| Name des Fettes. | Schmelzpunkt Grad C. | Verseifungszahl mg Ätzkali | Neutralfett pCt. | Freie Fettsäuren pCt. | Gesamtmenge der Fettsäuren[1] pCt. | Molekulargew. der Fettsäuren |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Heu | 57 | 124,3 | 23,73 | 37,32 | 60,09 | 296 |
| Roggenkleie | 26 | 175,1 | 78,31 | 16,44 | 93,75 | 285,6 |
| Weizenkleie | 24 | 183,1 | 78,73 | 14,35 | 89,73 | 285 |
| Gerste | 13 | 181,7 | 72,99 | 14,00 | 86,68 | 286 |
| Hafer (filtriert) | 20 | 192,4 | 59,21 | 35,38 | 92,76 | 279 |
| Hafer (nicht filtriert) | 12 | 184,2 | 61,60 | 27,56 | 88,51 | 278 |
| Mais | unter 10 | 188,5 | 88,71 | 6,67 | 91,45 | 273 |
| Erbsen | unter 10 | 188,9 | 58,57 | 11,22 | 87,61 | 280 |
| Wicken | 13 | 183,6 | 52,16 | 14,81 | 80,87 | 281 |
| Pferdebohnen | unter 10 | 188 | 57,70 | 9,82 | 79,93 | 281 |
| Lupinen | unter 10 | 179,1 | 81,80 | 8,13 | 89,56 | 279 |
| Buchweizen | — | 179,2 | 75,35 | 12,45 | 85,69 | 284 |
| Sojabohnen | unter 10 | 192,2 | 95,50 | 1,94 | 94,03 | 268 |
| Malzkeime | 42 | 149,3 | 24,66 | 30,14 | 56,26 | 285 |
| Rapskuchen | unter 10 | 178,9 | 71,48 | 13,48 | 87,31 | 302 |
| Leinkuchen | unter 10 | 194,4 | 89,56 | 8,86 | 94,31 | 270 |
| Palmkernkuchen | 27 | 249,2 | 83,79 | 13,39 | 93,93 | 217 |
| Coccusnusskuchen | 23 | 244,4 | 81,14 | 9,84 | 86,78 | 207 |
| Erdnusskuchen | 32 | 190,4 | 6,95 | 86,96 | 94,20 | 280 |
| Mohnkuchen (a. weiss. Mohn) | 21 | 186,3 | 9,20 | 71,01 | 89,14 | 277 |
| Sesamkuchen | 26 | 193 | 23,18 | 73,06 | 94,24 | 280 |
| Sonnenblumenkuchen(russisch.) | unter 10 | 195 | 63,44 | 29,84 | 90,37 | 272 |
| Baumwollsamenkuchen | unter 10 | 194 | 92,89 | 3,24 | 95,08 | 273 |
| Kartoffel | 46 | 172,5 | 16,33 | 56,92 | 76,48 | 288 |
| Rüben | 37 | 140 | 23,04 | 35,34 | 56,31 | 274 |

1) Incl. der Fettsäuren, welche sich bei der Verseifung vom Lecithin abspalten.

kommen entfernt werden konnte. Im Folgenden sollen bemerkenswerte Zahlen der Tabellen näher erläutert und Weiteres zur Charakteristik der Futtermittelfette mitgeteilt werden.

Heufett. Da die tiefschwarze Farbe des festen Ätherextraktes die Titration fast unmöglich machte, wurde die ätherische Lösung längere Zeit mit Knochenkohle behandelt und so eine schwach grüngelb gefärbte ätherische Lösung erhalten. Beim Erkalten dieser Lösung scheiden sich Flocken von in kaltem Äther schwer löslichen Verbindungen aus. Um auch die von der Knochenkohle allenfalls zurückgehaltenen, in Äther

**Ätherextrakt.**

| Lecithin pCt. | Stearinsäure aus Lecithin pCt. | Phosphor pCt. | Unverseifbare Bestandteile pCt. | Farbe und Konsistenz bei Zimmertemperatur. |
|---|---|---|---|---|
| Spuren | Spuren | Spuren | 30,84 | Tiefschwarze feste Masse, nach der Behandlung mit Tierkohle grünlich-gelb. |
| 3,31 | 2,33 | 0,127 | 7,64 | Braun, fest. |
| 2,09 | 1,469 | 0,080 | 7,45 | Braun, fest. |
| 4,25 | 2,989 | 0,163 | 6,08 | Braun, halbflüssig. |
| 0,76 | 0,535 | 0,030 | 2,65 | Grünlich-gelb, dickflüssig. |
| 2,87 | 2,019 | 0,114 | 2,41 | Grünlich-gelb, flüssig, enth. e. schleimige Substanz. |
| — | — | — | 3,74 | Gelb, flüssig. |
| 27,37 | 19,28 | 1,049 | 7,37 | Gelb-braun, flüssig. |
| 22,94 | 16,15 | 0,881 | 7,14 | Grünlich, flüssig. |
| 21,29 | 14,98 | 0,818 | 5,92 | Dunkelbraun, flüssig. |
| 4,51 | 3,17 | 0,172 | 6,83 | Gelb, flüssig. |
| 1,88 | 1,32 | 0,072 | 7,24 | Grünlich, fest. |
| 1,26 | 0,88 | 0,066 | 1,50 | Hellgelb, flüssig. |
| 3,57 | 2,51 | 0,137 | 34,55 | Dunkelgelb, fest. |
| 6,99 | 4,92 | 0,268 | 3,29 | Gelb-braun, flüssig. |
| Spuren | Spuren | Spuren | 1,91 | Gelb-braun, flüssig. |
| — | — | — | 2,54 | Weiss, krystallinisch, fest. |
| — | — | — | 0,51 | Weiss, krystallinisch, fest. |
| — | — | — | 1,47 | Gelb, krystallinisch, fest. |
| 13,27 | 9,34 | 0,40 | 1,51 | Grünlich-gelb, dickflüssig. |
| — | — | — | 1,64 | Schmutziggelb, fest. |
| — | — | — | 1,79 | Gelb, flüssig. |
| 4,35 | 3,06 | 0,166 | 1,11 | Dunkelbraun, flüssig. |
| 3,07 | 2,15 | 0,117 | 10,92 | Braun, fest. |
| — | — | — | 10,66 | Braun, fest. |

schwer löslichen Verbindungen zu gewinnen, wurde die Knochenkohle längere Zeit in einem grösseren Apparate extrahiert und hierbei eine schwach grünlichgelbe Ätherlösung erhalten, welche mit der zuerst erhaltenen vereinigt wurde. Der hieraus in bekannter Weise abgeschiedene Trockenrückstand war von fast wachsartiger Konsistenz und bei gewöhnlicher Temperatur nur zum Teil in kaltem Äther löslich. Das Heufett besitzt einen sehr hohen Schmelzpunkt (57° C.) und enthält fast $^1/_3$ durch Ätzkali nicht verseifbare Bestandteile, was auch durch die niedrige Verseifungszahl zum Ausdruck gelangt. Die Menge der freien Fettsäuren überwiegt die des Neutralfettes. Das hohe

## Tabelle II. Benzinextrakt.

| Name des Fettes. | Schmelzpunkt Grad C. | Verseifungszahl mg. Ätzkali | Neutralfett pCt. | Freie Fettsäuren pCt. | Gesamtmenge der Fettsäuren[1]) pCt. | Molekulargew. der Fettsäuren. | Lecithin pCt. | Stearinsäure aus Lecithin pCt. | Phosphor pCt. | Unverseifbare Bestandteile pCt. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *) Roggenkleie | 20 | 177,2 | 76,97 | 14,60 | 90,37 | 285 | 2,93 | 2,06 | 0,11 | 7,45 |
| Weizenkleie | 20 | 187,3 | 56,96 | 36,34 | 91,48 | 281 | Spuren | Spuren | Spuren | 6,69 |
| Gerste | 14 | 182,5 | 68,11 | 23,45 | 90,17 | 280 | 2,37 | 1,67 | 0,091 | 6,23 |
| *) Hafer (filtriert) | 16 | 191,7 | 60,67 | 32,55 | 91,46 | 274 | 1,31 | 0,92 | 0,042 | 2,28 |
| *) Mais | unter 10 | 180,5 | 86,82 | 9,97 | 93,81 | 275 | — | — | — | 3,31 |
| *) Erbsen | unter 10 | 186,5 | 74,00 | 11,95 | 87,67 | 283 | 6,95 | 4,89 | 0,247 | 8,11 |
| *) Wicken | 12 | 183,6 | 61,26 | 16,73 | 80,80 | 288 | 7,65 | 5,38 | 0,26 | 9,23 |
| *) Pferdebohnen | unter 10 | 180,4 | 80,17 | 9,70 | 89,52 | 283 | 4,11 | 2,89 | 0,14 | 6,90 |
| *) Lupinen | unter 10 | 172,7 | 86,84 | 6,97 | 90,38 | 281 | — | — | — | 5,50 |
| Buchweizen | 49 | 174,8 | 70,46 | 20,53 | 89,76 | 283 | 2,53 | 1,78 | 0,083 | 10,45 |
| *) Sojabohnen | unter 10 | 194,1 | 99,37 | 1,66 | 96,22 | 276 | 1,57 | 1,11 | 0,063 | 0,99 |
| Reisfuttermehl | 30 | 192,1 | 22,18 | 74,76 | 95,97 | 274 | — | — | — | 4,81 |
| Malzkeime | 50 | 125,4 | 13,97 | 51,09 | 66,78 | 286 | 3,27 | 2,30 | 0,123 | 35,56 |
| Rapskuchen | unter 10 | 177,7 | 69,13 | 30,04 | 96,41 | 303 | — | — | — | 2,23 |
| Leinkuchen | unter 10 | 193,7 | 29,93 | 69,04 | 97,67 | 279 | — | — | — | 1,91 |
| Palmkernkuchen | 23 | 251,6 | 17,30 | 81,75 | 98,85 | 220 | — | — | — | 0,71 |
| *) Coccusnusskuchen | 24 | 249,0 | 92,55 | 6,04 | 93,14 | 211 | — | — | — | 0,48 |
| *) Erdnusskuchen | 34 | 200,9 | 17,75 | 82,94 | 99,93 | 280 | — | — | — | 1,94 |
| *) Mohnkuchen | 24 | 185,1 | 15,24 | 77,98 | 96,94 | 277 | 6,24 | 4,39 | 0,222 | 1,37 |
| Sesamkuchen | 22 | 194,7 | 6,62 | 83,38 | 89,70 | 281 | Spuren | Spuren | Spuren | 3,24 |
| *) Sonnenblumenkuchen (russische) | unter 10 | 193,2 | 77,16 | 21,39 | 95,09 | 276 | Spuren | Spuren | Spuren | 1,42 |
| Baumwollsamenkuchen | 17 | 196,4 | 80,98 | 16,31 | 94,74 | 271 | 1,52 | 1,07 | 0,058 | 1,44 |

[1]) Anmerkung: Siehe Anmerkung der Tabelle des Ätherextraktes.
Die mit * bezeichneten Benzinextrakte sind aus dem gleichen Material bereitet, wie die Ätherextrakte.

Molekulargewicht der abgeschiedenen Fettsäuren (nur noch durch den betreffenden Wert bei Rapsfett übertroffen) weist auf das Vorhandensein von Fettsäuren mit hohem Kohlenstoffgehalt hin, wie z. B. Cerotinsäure, welche bekanntlich auch von J. Koenig[1]) im Heufett (neben Palmitinsäure) nachgewiesen wurde. Bemerkenswert ist weiter der hohe Gehalt des Heufettes an unverseifbaren Bestandteilen. Unter diesen konnte Cholesterin durch die Chloroform-Schwefelsäureprobe nachgewiesen werden. Das „Reinfett" beträgt bei Heu also nur etwa $^2/_3$ Teile vom „Rohfett."

Roggenkleie und Weizenkleie oder, wie man wohl zu sagen berechtigt ist: Roggen- und Weizen-Ätherextrakt — da die Hauptmenge des Fettes der Körner in der Kleie enthalten ist, in welcher sich auch der fettreiche Keim befindet — dann Gerstenfett (aus ganzer Gerste dargestellt) zeigen hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und sonstiger Beschaffenheit ziemliche Übereinstimmung. Sie bestehen der Hauptmenge nach zu ca. $^3/_4$ Teilen aus Neutralfett, enthalten Cholesterin und Lecithin, welches erstere sich aus den unverseifbaren Bestandteilen leicht krystallisiert erhalten lässt. Äther- und Benzinextrakt zeigen bei Roggenkleie (aus ein und demselben Material extrahiert) keine beträchtlichen Unterschiede.

Haferfett: Der Ätherextrakt des Hafers enthält bemerkenswerter Weise neben Fett noch eine schleimige Substanz, welche durch Filtrieren der ätherischen Lösung des Fettes oder des getrockneten Fettes durch Papier nicht getrennt werden kann. Die Trennung dieser schleimigen Substanz von dem Fett gelingt aber, wenn die verdünnte ätherische Lösung durch Thonzellen mit Hülfe der Wasserstrahlluftpumpe in bekannter Weise filtriert wird. Der so gereinigte Haferextrakt stellt ein klares Öl dar, während der unfiltrierte (resp. nur durch Papier filtrierte) Extrakt durch die darin enthaltene schleimige Substanz stark getrübt erscheint. Äther- und Bezinextrakt sind nahezu gleich zusammengesetzt und bestanden in der untersuchten Probe aus ca. $^2/_3$ Neutralfett und $^1/_3$ freien Fettsäuren. Lecithin gering, ebenso Gehalt an Unverseifbarem. (Cholesterin als solches leicht abscheid- und nachweissbar.)

---

[1]) Landw. Versuchs-Stationen 1874. Bd. 17 S. 1.

Maisfett: Hellgelbes Öl, vorwiegend Neutralfett — nahezu 90 % — enthaltend; Lecithin fehlt sowohl im Äther- wie im Benzinextrakt vollständig. Äther- und Benzinextrakt fast gleich zusammengesetzt.

Erbsen-, Bohnen-, Wicken- und Pferdebohnenextrakte sind nahezu gleich zusammengesetzte Öle. Die Ätherextrakte sind sehr reich an Lecithin (21—27 %) und enthalten, wie schon des Näheren ausgeführt, bedeutend grössere Mengen dieses Körpers als die Benzinextrakte. Die Ätherextrakte bestehen zu ca. $^1/_{10}$ aus freien Fettsäuren und enthalten an Unverseifbarem (Cholesterin daraus leicht darstellbar) — 6—7 % — etwa soviel wie Weizen-, Roggen-, Gerstenfett.

Lupinen: Äther- und Bezinextrakt fast gleich zusammengesetzt mit der Ausnahme, dass der Benzinextrakt vollständig frei ist von Lecithin. Die Hauptmenge des Extraktes — 80—90 % — besteht aus Neutralfett. Unverseifbare Bestandteile resp. Cholesterin wie bei den vorgenannten.

Buchweizen: Fett von der Zusammensetzung der Getreidefette.

Sojabohnen: Äther- und Bezinextrakte hellgelbe Öle von nahezu gleicher Zusammensetzung; bestehen fast ganz aus Neutralfett, wie schon E. Meissl[1] und F. Böcker[1]) gefunden haben.

Reisfuttermehl (mit 12 % Protein und 12 % Fett): Benzinextrakt grünliches Fett von Schmalzkonsistenz, besteht zu $^3/_4$ aus freien Fettsäuren, durch welche wahrscheinlich die festweiche Konsistenz bedingt wird. Demgemäss ist anzunehmen, dass dieses Fett hinsichtlich seines Einflusses auf die Konsistenz des Körper- (resp. Milch-) Fettes wie ein flüssiges Fett sich verhalten wird. Lecithinfrei, Gehalt an Unverseifbarem etwa wie bei den Getreidefetten.

Malzkeime: Äther- und Benzinextrakte bestehen zu ca. $^1/_3$ aus nicht verseifbaren Stoffen, welche aus der ätherischen Lösung zum grössten Teil in Nadeln krystallisieren und sich wie Cholesterin (Isocholesterin ?) verhalten. Von dem „Rohfett“ der Malzkeime sind höchstens $^2/_3$ als „Reinfett“ zu be-

---

[1]) Sitzungsb. d. Wiener Akad. d. Wiss. I. Abt., April 1883.

trachten. Von dem „Reinfett“ besteht die Hälfte und darüber aus freien Fettsäuren; Lecithingehalt gering. Verseifungszahl wegen des grossen Gehaltes an Unverseifbarem sehr niedrig.

Rapskuchen: Äther- und Benzinextrakte sind Öle, welche zum grössten Teil — über $^2/_3$ — aus Neutralfetten bestehen; der Ätherextrakt enthält bemerkenswerte Mengen Lecithin — 7 % —. Benzinextrakt (aus anderem Materiel) lecithinfrei. Gehalt an Unverseifbarem gering. Der Ätherextrakt nimmt nach längerem Stehen einen senfölartigen Geruch an, was auf die Anwesenheit schwefelhaltiger Verbindungen deutet. Das Molekulargewicht der abgeschiedenen Fettsäuren ist sehr hoch 302 und 303, höher als das bei allen anderen untersuchten Fetten; wohl bedingt durch den Gehalt an Brassica-Erucasäure, deren Molekulargewicht 338 ist.

Leinkuchen: Äther- und Benzinextrakte sind braune Öle von sehr geringem Gehalt an Lecithin (bis Spuren) und Unverseifbarem. Gehalt an freien Fettsäuren bei Ätherextrakt 9 %, bei Benzinextrakt rund 69 %. Material für Darstellung beider Extrakte verschieden. Der höhere Gehalt des Benzinextraktes an freien Fettsäuren erklärt sich aus der Verwendung älterer Leinkuchen.

Palmkern- und Coccusnusskuchen: Äther- und Benzinextrakt, beide feste krystallinische Fette, frei von Lecithin, oder nur Spuren davon enthaltend, sehr arm an Unverseifbarem; die Fette beider Kuchen besitzen nach Verseifungszahl und Molekulargewicht der Fettsäuren grosse Ähnlichkeit. Wesentliche Unterschiede inbezug auf Verhältnis von Neutralfett zu freien Fettsäuren nur je nach Alter der Kuchen; letztere oft in sehr bedeutender Menge vorhanden. (Palmkernkuchen 82 %). Beide Fette zeigen wegen ihres Gehaltes an niedrigeren Fettsäuren eine hohe Verseifungszahl (am höchsten von allen Fetten) und sehr niedriges Molekulargewicht der Fettsäuren.

Erdnusskuchen: Festes krystallinisches Fett mit hohem Gehalt an freien Fettsäuren, wahrscheinlich ebenfalls abhängig von dem Alter der Kuchen; lecithinfrei und arm an Unverseifbarem. Äther- und Benzinextrakt haben gleiche Zusammensetzung.

Mohnkuchen: Halbflüssiges Fett, dessen festere Konsistenz aber wohl nur durch den hohen Gehalt an freien Fettsäuren

(über 70 %) bedingt ist. Auffallend ist der hohe Lecithingehalt, welcher bei Ätherextrakt 13,27 % und bei Benzinextrakt 6,24 % beträgt.

Sesamkuchen: Halbflüssiges bis festes Fett je nach Abstammung. Äther- und Benzinextrakt, aus verschiedenem Material gewonnen, zeigt hohen Gehalt an freien Fettsäuren (73,0—83,4 %); beide Extrakte fast frei von Lecithin, arm an Unverseifbarem.

Sonnenblumenkuchen (russische): Öl von je nach Alter der Kuchen wechselndem Gehalt an freien Fettsäuren, lecithinfrei, mit geringem Gehalt an Unverseifbarem.

Baumwollsamenkuchen: Öl, lecithinhaltig (Ätherauszug 4,35 %, Benzinextrakt 1,52 %). Untersuchte Proben reich an Neutralfett (80—93 %).

Kartoffeln: Festes Fett von geringem Lecithingehalt (3 %), relativ hohen Gehalt an Unverseifbarem (11 %), demgemäss niedriger Verseifungszahl, hohem Gehalt an freien Fettsäuren.

Futterrüben: Ätherextrakt festes Fett, frei von Lecithin, sonst dem Kartoffelextrakt inbezug auf Unverseifbares und Gehalt an freien Fettsäuren sehr ähnlich.

---

Vorliegende Arbeit wurde unter Leitung des Herrn Professor DR. F. SOXHLET ausgeführt, und spreche ich demselben an dieser Stelle für seine Anregung und für die gütige Teilnahme, die er an dieser Arbeit genommen, meinen aufrichtigsten Dank aus.

---

# Zur Statistik des landw. Versuchswesens.

## Die Versuchs-Station für Nematoden-Vertilgung zu Halle a./S.

Der jüngste Abzweig des landwirtschaftlichen Versuchswesens, die „Versuchs-Station für Nematoden-Vertilgung“ zu Halle, hat soeben ihren ersten Jahresbericht, für 1889, veröffentlicht. — Der Berichterstatter, Herr Dr. M. Hollrung, weist einleitend auf die Entstehung der Anstalt hin. Nachdem durch die Untersuchungen Julius Kühn's über die Ursachen des Rückgangs der Rübenerträge festgestellt war, dass Nematoden diese Kalamität verursachen, und zugleich Mittel zur Bekämpfung dieses kleinen Feindes an die Hand gegeben wurden, ward im Frühjahr 1889, Dank der Bemühungen der Zweigvereine für Halle, für Egeln und für Anhalt, und unter Beihülfe des Kgl. Preussischen Ministeriums für Landwirtschaft, Domainen und Forsten, sowie des Vereins für die Rübenzuckerindustrie, die Versuchs-Station ins Leben gerufen. Die Aufgabe dieser Anstalt soll sein:

„Die gesamten Schädiger der Zuckerrüben, im Weiteren aller in der Landwirtschaft verwerteten Gewächse zu vertilgen, sei es durch Anwendung bereits bekannter Mittel, sei es in besonderen Fällen durch das Auffinden neuer, der Lebens- und Entwicklungsweise unbekannter oder ungenügend bekannter Feinde angepasster Medien.“

Die Oberleitung der Versuchs-Station für Nematoden-Vertilgung führt Herr Geh. Reg.-Rat Dr. Kühn. Die Ausführung der Stationsarbeiten ist Herrn Dr. M. Hollrung übertragen worden, dem von 1890 an ein Assistent zur Seite stehen wird. Die

geschäftlichen Angelegenheiten verwaltet ein Kuratorium, bestehend aus einem Vertreter des Herrn Ministers für Landwirtschaft, je einem Mitgliede der Zweigvereine von Halle, Egeln und Anhalt, und Herrn Geh. Reg.-Rat Dr. Kühn.

Die Versuchs-Station befindet sich in den Räumen des Kgl. landwirtschaftlichen Instituts der Universität Halle. Für die Mitglieder der obigen 3 subventionierenden Zweigvereine erfolgen die sonst mit einem geringen Entgelt verbundenen Untersuchungen kostenfrei.

Die Thätigkeit der Versuchs-Station im Jahre 1889 bezog sich einesteils auf die Untersuchung eingegangener kranker Pflanzen, anderenteils auf die Beobachtung abnormer Wachstumserscheinungen an Ort und Stelle. Die Zahl der untersuchten Objekte betrug 517, nämlich Rübenproben 10, Schlammerde, Fabrikskompost 10, Rübsensaat 2, Fangpflanzen 488, Rotklee 2, Kartoffel 1, Platterbse 1, Topinambour 1, Luzerne 1, Hafer 1.

Die im Freien ausgeführten Untersuchungen und sonstigen Wahrnehmungen bezogen sich in erster Linie auf die Rübennematode, Heterodera Schachtii Schm., deren Verbreitung in der Provinz Sachsen verfolgt wurde im Westen bis an den Harz, im Süden bis an die Unstrut und die Grenze des Königreichs Sachsen, im Osten bis an die Mulde und Elbe, im Norden bis Wolmirstädt und Nord-Germersleben. In diesem Gebiete ist die Stärke des Auftretens eine nicht überall gleiche, ihr Schaden aber so beträchtlich, dass ein Gutsbesitzer, Herr Dr. Bennecke-Athensleben, seinen Gesamtschaden für 900 Morgen Fläche auf 21 500 Centner berechnet. Verf. bespricht ferner die Fangpfanzen-Anbauversuche (besonders empfehlenswert Sommerrübsen), wobei in einer Tabelle die beobachtete Entwicklungsdauer der Nematoden in verschiedenen Jahreszeiten zusammengestellt wird; er kritisiert sodann verschiedene andere Massregeln zur Vertilgung der Nematoden (Pilze, Zwiebelanbau, chemische Substanzen etc.).

Neben den Nematoden wurde auch zahlreichen anderen tierischen Feinden der Rübe das Augenmerk der Versuchs-Station zugewendet, deren Lebens- und Schädigungsweise z. T. noch der näheren Aufklärung bedürfen, bevor wirksamen Abhülfemassregeln näher getreten werden kann. Der Verfasser richtet daher schliesslich an die Landwirte die Bitte, Mitteilungen über

etwaige Beschädigungen ihrer Kulturen durch kleine Feinde rechtzeitig an die Versuchs-Station für Nematoden-Vertilgung gelangen zu lassen, damit dieselbe in der Lage sei, umgehend Massregeln zur Vertilgung in Anwendung zu bringen oder zu erproben. F. N.

---

## Erhard Möller-Holst †.

Es wurde bereits unsern Lesern eine kurze Mitteilung gemacht von dem im Dezember v. Jahres erfolgten Tode des hochverdienten Begründers und Leiters der Dänischen Samenkontrole, Herrn E. Möller-Holst in Kopenhagen. Dieser Tod reisst eine schwer ausfüllbare Lücke, und das Vaterland des Verstorbenen erkennt dies in voller Würdigung an.

Dem Verblichenen nahestehender Seite danken wir einige bereitwilligst mitgeteilte biographische Angaben, denen wir das Folgende entnehmen:

Erhard Möller-Holst ist am 22. Juli 1825 zu Nyborg auf Fünen geboren. Seine Kinderjahre verlebte er, als der Zweitälteste von 16 Kindern, auf dem ländlichen Pfarrhofe seines Vaters. Er war für das theologische Studium bestimmt, war jedoch während seiner ganzen Jugendzeit so kränklich, dass er jahrelang nicht lesen konnte. In solchen Leiden fing er an, Blumen und Pflanzen zu sammeln und Botanik zu studieren. Im Alter von 18 Jahren (1843) bezog er die Universität zu Kopenhagen, studierte ein paar Jahre Theologie, war aber zu schwach, um dies Studium fortsetzen zu können. Er verliess daher die Stadt und widmete sich nun ganz den Naturwissenschaften. Im Jahre 1850 absolvierte er das Examen als Feldmesser, verlebte darauf ein Jahr bei Herrn Vincent in Regenwalde, um unter dessen Leitung die Bewässerung der Wiesen und die Drainierung gründlich kennen und ausüben zu lernen. Alsdann bereiste er die meisten Kulturländer Europas, um die landwirtschaftlichen Verhältnisse dieser Länder kennen zu lernen, und begann dann eine recht bedeutende Wirksamkeit als Kultur-

Ingenieur, indem er auf vielen dänischen Gütern Drainierungs-Anlagen ausführte, eine Wirksamkeit, welche er bis 1874 neben seinen anderen Geschäften fortgesetzt hat.

Im Oktober 1855 gründete Möller-Holst die „Wochenschrift für Landwirte“ (Ugeskrift for Landmaend), damals das einzige dänische landwirtschaftliche Wochenblatt, welches er bis 1866 allein und später unter Mitwirkung von J. W. T. Hertel redigierte, bis endlich das Blatt 1881 in andere Hände überging. In denselben Jahren veröffentlichte er zahlreiche originale landwirtschaftliche Aufsätze und Übersetzungen, sowie ein kleines Blatt „Dänische Landbau-Zeitung“ (Dansk Landbo tidende), welches zur Belehrung und Unterhaltung des Volkes bestimmt war, bis er endlich, 1877—83, sein grösstes Werk: das sechsbändige „Landbrugs Ordbog for den praktiske Landmand“, eine grosse, inhaltreiche Encyklopädie der Landwirtschaft, mit 1102 Abbildungen, herausgab.

Im Juni 1870 reiste Möller-Holst nach Tharand, um sich über die Einrichtungen und Arbeiten der kurz zuvor begründeten Samenkontrole zu orientieren, und errichtete im folgenden Jahre die „Dansk Frökontrol“, die zweite Anstalt dieser Art; und von der Stunde an widmete er der Samenkontrole und dem Studium der einschlagenden Wissenschaft alle seine Kräfte, seine Zeit und sein Vermögen, denn erst in den späteren Jahren, nachdem er selbst die Samenkontrole in Dänemark von einem ganz kleinen Anfange zu einem bedeutenden Institute emporgearbeitet hatte, empfing er eine Unterstützung vom Dänischen Staate zu der Leitung der Samenkontrole, deren Wirksamkeit sich mit jedem Jahre erweiterte. „Unermüdet arbeitete er für diese ihm liebe Lebensaufgabe und noch auf seinem Sterbebette, im 65. Lebensjahre, vollendete er eine kleine Abhandlung ‚über die Dauer der Keimung‘, welche hoffentlich auch in Deutschland veröffentlicht werden wird.“

Möller-Holst hat auch die „Forening til Kulturplanternes Forbedring“ (Verein zur Verbesserung der Kulturpflanzen) gegründet und mit unermüdetem Eifer durch Reisen, Ausstellungen, Kulturversuche, Abhandlungen in verschiedenen Zeitschriften etc.

für diesen Zweck gearbeitet. So sah man ihn in Angelegenheit der Samenkontrole thätig bei den landwirtschaftlichen Ausstellungen zu Bremen (1874), Borås (1880), Sundsvall (1882), Trondhjem (1885) etc. An seinem Sarge, wie in den Nekrologen der Dänischen Zeitungen, wurde von ihm gesagt, „dass ein fleissigerer und arbeitsamerer Mann selten gesehen wurde, dass er ungemein still und bescheiden, uneigennützig und prunklos in seinem Lebenswandel war, immer bereit, mit Rat und That beizustehen." „Ich möchte auch gern, dass seine ausländischen Freunde wissen sollten, dass er ein demütiger und aufrichtiger lutherischer Christ war, der im kindlichen Glauben an seinen Heiland verschieden ist." — Namentlich der letzterwähnte Zug seines Wesens, obgleich er niemals aufdringlich die religiösen Anschauungen, von denen er durchdrungen war, bekundete, erklärt den ferner stehenden Freunden manche edle und liebenswürdige Eigenart des zu früh Dahingeschiedenen.

F. N.

# Personal-Notizen.

## Max Siewert †.

Am 16. Februar 1890 starb nach längerem schweren Leiden Herr Professor Dr. MAX SIEWERT, Direktor der landwirtschaftlich-chemischen Versuchs-Station zu Danzig, im Alter von 55 Jahren.

## F. Soltwedel †.

Das Kuratorium der Versuchs-Station „Midden-Java“ versendet an die Mitglieder und Freunde der Anstalt folgende Trauerbotschaft:

> „Wir erfüllen hiermit die traurige Pflicht, Ihnen von dem Ableben des verdienstvollen Direktors unserer Anstalt, Herrn Dr. F. SOLTWEDEL, am Abend des 17. Dezember d. J. im Hause des Herrn G. METGER, Kenntnis zu geben.

Diese Nachricht werden Sie, obschon es uns insbesondere betroffen hat, mit Leidwesen vernehmen.

Samarang, 19. Dezember 1889.

**Das Kuratorium der Versuchs-Station „Midden-Java“.**

G. METGER, Präsident. L. VAN LOON, Sekretär.

Herrn Professor Dr. THEODOR VON GOHREN, Direktor der landwirtschaftlichen Mittelschule „Franzisco Josephinum“ zu Mödling, früher Leiter der Versuchs-Stationen Raitz-Blansko in Mähren (1859—64) und später des agrikultur-chemischen Laboratoriums der landw. Lehranstalt zu Liebwerda in Böhmen, erhielt in Anerkennung seiner vieljährigen Verdienste im landwirtschaftlichen Unterrichtswesen taxfrei den Titel eines Regieruugsrates verliehen.

Der Vorstand der landwirtschaftlichen Versuchs-Station zu Posen, Herr Dr. K. BRUNNEMANN, legt seine Stelle nieder. In seine Funktionen tritt am 1. April 1890 Herr Dr. G. LOGES, bisher Assistent an der agrikulturchemischen Versuchs-Station zu Kiel.

# Die Wurzelknöllchen der Erbse.[1]

Von

Prof. Dr. ADAM PRAŻMOWSKI
in Czernichów bei Krakau.

---

## Erster Teil.

## Die Ätiologie und Entwickelungsgeschichte der Knöllchen.

(Mit 2 lith. Tafeln.)

---

### Einleitung.

Unter den praktischen Landwirten war seit lange her die Ansicht verbreitet, dass Hülsengewächse (Leguminosen) den Boden in irgend einer Weise verbessern oder bereichern, denn man machte die Erfahrung, dass nach gut geratenen Kleearten, Lupinen etc. Getreide ohne Dünger ebensogut, zuweilen sogar besser gedeiht, als nach gedüngten Vorfrüchten. Schon PLINIUS und COLUMELLA machen darauf aufmerksam, dass nach Wicken, Bohnen, Luzerne u. s. f. die Düngung entbehrlich sei, da diese Pflanzen von selbst das Land düngen und in guter Fruchtbarkeit zurücklassen. In ähnlicher Weise sprechen sich auch zahlreiche landwirtschaftliche Schriftsteller der späteren Zeiten aus.[2]) Von ALBRECHT THAER wurden sogar Kleegewächse schlechterdings als bodenbereichernde Pflanzen bezeichnet und den bodenerschöpfenden Getreidearten gegenübergestellt.

Worauf diese Bereicherung des Bodens beruht, und welche Ursachen dieselbe bedingen, darüber wusste man damals keine Antwort zu geben. THAER vermutete zwar, dass die Bereicherung möglicherweise auf Kosten von Nährstoffen geschehe, welche Kleepflanzen durch ihre Blätter aus der Atmosphäre entnehmen

---

[1]) Nach einer im November 1889 der Krakauer Akad. d. Wissensch. in polnischer Sprache vorgelegten Abhandlung vom Verf. in's Deutsche übertragen.

[2]) Näheres darüber siehe in STRECKER: Die Bereicherung des Bodens durch den Anbau „bereichender“ Pflanzen. Journal für Landwirtschaft. XXXIV. Jahrg., 1886.

und dann in Stoppeln, Wurzeln und anderen Rückständen dem Boden zurücklassen, aber er konnte nicht angeben, welche Nährstoffe auf diesem Wege im Boden angehäuft werden. Zu seiner Zeit war dies auch unmöglich, denn die wissenschaftliche Erkenntnis der Ernährung der Pflanzen war noch nicht so weit vorgeschritten, um bestimmt angeben zu können, welche Nährstoffe die Pflanzen zum Aufbau ihres Körpers bedürfen, und woher sie dieselben beziehen. Erst nachdem die Grundlagen für die neuere Lehre der Ernährung grüner Pflanzen durch wissenschaftliche Forschungen geschaffen wurden, war es auch möglich, der Frage über die Bereicherung des Bodens durch den Anbau der Leguminosen näher zu treten.

Aber dann stellten sich neue und gewichtige Bedenken ein. Die neuere Physiologie der Ernährung lehrte, dass grüne Pflanzen mit Ausnahme des Kohlenstoffs, den sie in Form von Kohlensäure aus der Atmosphäre beziehen, sämtliche andere Nährstoffe dem Boden entnehmen. Sollten nun die Leguminosen sich in derselben Weise ernähren, so könnten sie zwar den Boden an Kohlenstoff bereichern, aber müssten gleichzeitig ihn an anderen Nährstoffen erschöpfen, und zwar in desto höherem Grade, als sie im Vergleich zu anderen Kulturpflanzen mehr Pflanzensubstanz produzieren. Die neuere Physiologie der Pflanzenernährung war also nicht nur im Stande, die Erscheinung der Bodenbereicherung zu erklären, aber sie führte sogar in ihren logischen Konsequenzen gerade zum entgegengesetzten Schluss, dass Leguminosen mehr, als andere Pflanzen, den Boden erschöpfen müssen.

Diesen Widerspruch zwischen den Lehren der Wissenschaft und den Erfahrungen der Praxis suchte man durch die Annahme zu beseitigen, dass die Leguminosen ausser Kohlensäure noch andere gasförmige Nährstoffe der Atmosphäre entnehmen und dieselben im Boden anhäufen. Am nächsten lag die Annahme, dass sie mit Hülfe ihrer Blätter aus dem unermesslichen Vorrat des freien Stickstoffs der Atmosphäre schöpfen und denselben in Verbindungen überführen, welche zum Teil im Boden in Form von Ernterückständen verbleiben und durch weitere Umsetzungen sich in für andere Pflanzen geeignete Nahrung verwandeln. Diese Anschauung war in der That gegen die Mitte des laufenden Jahrhunderts sowohl in der Wissenschaft, als namentlich in landwirtschaftlichen Kreisen ziemlich ver-

breitet, bis ihr BOUSSINGAULT's klassische Versuche jeden Halt entzogen. Zwar brachten BOUSSINGAULT's Versuche nur den Beweis dafür, dass unter den eingehaltenen Versuchsbedingungen eine Aufnahme des freien Stickstoffs nicht stattfindet, trotzdem wurden sie aber bis auf die neueste Zeit allgemein dahin gedeutet, dass freier, atmosphärischer Stickstoff weder für Leguminosen, noch für andere Pflanzen ein Nährstoff sei.

Nachdem die Hypothese von der Aufnahme des freien Stickstoffs auf längere Zeit beseitigt wurde, hat man zu einer anderen Annahme Zuflucht genommen, welche übrigens schon früher von BERZELIUS und LIEBIG vertreten wurde, dass nämlich Leguminosen die ausnahmsweise Fähigkeit besitzen, die geringen, in der Luft enthaltenen Mengen von Stickstoffverbindungen, vermöge ihres grösseren Blattreichtums, anzusammeln und dieselben zum Aufbau ihres Körpers zu verwerten. Diese Annahme erschien um so mehr plausibel, als schon BOUSSINGAULT's Versuche eine geringe Stickstoffzunahme bei denjenigen Pflanzen ergaben, welche in gewöhnlicher Atmosphäre, aber ohne Stickstoffnahrung im Boden, gewachsen waren. Noch mehr wurde sie durch Versuche von J. SACHS bekräftigt, welcher Pflanzen (Bohnen) in einer abgeschlossenen und mit geringen Mengen von kohlensaurem Ammoniak versetzten Atmosphäre wachsen liess und dabei einen ziemlich ansehnlichen Stickstoffgewinn in den geernteten Pflanzen feststellte. Allein spätere Versuche, namentlich von AD. MAYER, haben ergeben, dass die Fähigkeit, Stickstoffverbindungen der Luft sich anzueignen, nicht bloss Leguminosen, sondern auch anderen Pflanzen zukommt, dass aber die dadurch gewonnenen Stickstoffmengen bei weitem nicht ausreichen, um wenigstens den Bedarf einer normalen Entwickelung zu decken, geschweige denn die Pflanzen zu einer ausgiebigeren Produktion zu veranlassen.

Gegenüber diesen negativen Ergebnissen der wissenschaftlichen Forschung ist der Glaube an die „Bereicherung“ des Bodens durch den Anbau der Leguminosen tief erschüttert worden. Zwar konnte nicht geläugnet werden, dass Leguminosen auf ihnen folgende Früchte günstig einwirken, allein die Erklärung für diese Thatsache suchte man nicht mehr in der Bereicherung des Bodens an Nährstoffen, sondern in den Einflüssen der Beschattung des Bodens und der durch dieselbe bedingten mannigfaltigen, günstigen Veränderungen seiner physikalischen und chemischen Eigenschaften.

Unterdessen sind Thatsachen und Beobachtungen bekannt geworden, welche den Glauben an eine stoffliche Bereicherung des Bodens durch die Leguminosen von Neuem erweckten, und auch geeignet waren, einigen Aufschluss über das Wesen dieser Bereicherung zu gewähren. So haben Lawes und Gilbert durch jahrelange Feldversuche festgestellt, dass Leguminosen, trotzdem sie dem Boden eine grosse Menge Stickstoff entnehmen, durch Stickstoffdünger in ihrer Entwickelung gar nicht gefördert, zuweilen sogar gestört werden; auch haben sich die genannten Forscher überzeugt, dass ein mit Leguminosen bestellter Boden, trotzdem er an diese Pflanzen mehr Stickstoff abgiebt, als z. B. an Getreide, nach der Ernte mehr Stickstoff in gebundener Form enthält, als zuvor. Ähnliche Erfahrungen hat auch der gegenwärtig in weiten Kreisen bekannte praktische Landwirt Schultz-Lupitz gemacht, welcher auf seinem Gute mit einem leichten, stickstoffarmen Sandboden ohne Stickstoffdünger reiche Ernten dadurch erzielte, dass er Getreide im geeigneten Wechsel mit Leguminosen, hauptsächlich Lupinen, baute und den Pflanzen nur die nötigen anderen Nährstoffe in Form von Phosphatdüngern, Kainit und Mergel zuführte. Auf Grund dieser Erfahrungen hat Schultz Lupinen und Leguminosen überhaupt als „Stickstoffsammler“ bezeichnet und den sogenannten „Stickstofffressern“, zu denen Getreide und andere Pflanzen gehören, gegenübergestellt. Diese Erfahrungen im Grossen wurden alsbald durch wissenschaftliche Düngungsversuche, namentlich von Paul Wagner, insoweit bestätigt, als dieselben in mehr exakter Weise den Beweis erbrachten, dass unter gewöhnlichen Bodenverhältnissen durch Stickstoffdüngung der Ertrag wohl bei anderen Pflanzen, aber nicht bei Leguminosen (Erbsen) gesteigert werden könne.

Aus allen diesen Erfahrungen und Beobachtungen musste der Schluss gezogen werden, dass die Leguminosen ihren Stickstoffbedarf aus Quellen heranzuholen vermögen, die für andere Pflanzen verschlossen sind, und dass die günstige Wirkung, welche sie auf die Nachfrüchte, namentlich aber auf die stickstoffbedürftigen Getreidearten, ausüben, wahrscheinlich auf einer direkten Bereicherung des Bodens an diesem wichtigen Nährstoffe beruhe. Aber aus welchen Quellen sie den Stickstoff beziehen, und kraft welcher besonderer Eigenschaften diese Quellen nur ihnen, nicht aber anderen Pflanzen, zufliessen? — diese Fragen blieben auch weiterhin unbeantwortet.

Zwar fehlte es auch diesmal nicht an Versuchen, sie der Lösung näher zu bringen. Am nächsten lag wieder die Annahme, dass Leguminosen trotz Allem sich aus dem Stickstoffvorrate der Atmosphäre ernähren können. Aber eine solche Annahme könnte nur dann aufrecht erhalten werden, wenn es sich herausstellte, dass ältere Versuche über die Aufnahme des freien oder gebundenen Stickstoffs der Luft mit Fehlern behaftet waren. Wohl von diesen Voraussetzungen ausgehend, hat Strecker die Versuche über die Fähigkeit der Leguminosen, sich atmosphärischen Stickstoff anzueignen, von Neuem in Angriff genommen, gelangte aber zu Resultaten, die sich mit denjenigen älterer Forscher vollständig deckten. Man suchte dann die Erscheinung der Stickstoffbereicherung des Bodens durch die Annahme zu erklären, dass die Leguminosen vermöge ihrer tiefgehenden Wurzeln die im Untergrund zerstreuten minimalen Mengen von gebundenem Stickstoff ansammeln und sie gleichsam an die Oberfläche befördern, indem sie dieselben in Form von Stoppel- und Wurzelrückständen im Obergrund zurücklassen, wo sie durch Zersetzung in für flachwurzelnde Pflanzen leicht zugängliche Nahrung sich umwandeln. Diese an sich sehr unwahrscheinliche Annahme musste gegenüber der Thatsache fallen gelassen werden, dass die Bereicherung des Boden an Stickstoff, wie entsprechende Versuche (von Heiden) gelehr haben, sich in gleichem Masse sowohl auf den Ober- wie Unter grund erstrecke. Auch andere Erklärungsversuche sind gemacht worden, die jedoch noch weniger stichhaltig waren und die hier schliesslich übergangen werden können.

Als nun sämtliche Erklärungsversuche der Stickstoffbereicherung des Bodens durch Leguminosen gescheitert waren, kam man schliesslich auf die Idee, dass möglicherweise die Erscheinung mit den auf den Wurzeln dieser Pflanzen auftretenden knöllchenartigen Anschwellungen in irgend welchem Zusammenhange stehe. Man kannte die Wurzelknöllchen der Leguminosen schon seit lange, wusste auch, dass dieselben eine bei dieser Pflanzengruppe sehr verbreitete, fast regelmässige Erscheinung sind, hat sie aber trotzdem bis auf die letzte Zeit sehr wenig beachtet. Erst im Laufe des letzten Decenniums sind eingehendere Untersuchungen über Wurzelknöllchen angestellt worden, sie führten aber vorweg zu keinem bestimmten Ergebnis. Man konnte aus diesen Untersuchungen nicht mit

Sicherheit ersehen, was diese Bildungen sind, wie und wodurch sie entstehen, und welche Rolle ihnen im Haushalte der Pflanze zukommt. Es fehlte zwar nicht an Vermutungen und Erklärungsversuchen, aber dieselben waren im Grossen und Ganzen so wenig begründet und so einander widersprechend, dass das Rätselhafte dieser Bildungen dadurch noch mehr gesteigert wurde.

Aus zahlreichen Thatsachen und Beobachtungen, die im Laufe dieser Untersuchungen gesammelt wurden, schien nur eines mit einiger Wahrscheinlichkeit hervorzugehen, dass die Wurzelknöllchen mit der Stickstoffernährung der Leguminosen in irgend welchem Zusammenhange stehen; man machte nämlich die Beobachtung, dass Bildung und Entwickelung der Knöllchen von der Menge der den Pflanzen dargebotenen Stickstoffnahrung abhängig sind. Zwar waren diese Beobachtungen nur nebenbei, meistenteils bei Gelegenheit anderer Versuche gemacht worden, aber sie wiederholten sich so häufig, dass an einen Zufall nicht mehr gedacht werden konnte und der Verdacht sich von selber aufdrängte, „dass die Wurzelknöllchen in Beziehung zu der Stickstoffaufnahme der Leguminosen stehen und somit Teil haben an der hochwichtigen und ihrem Wesen nach noch unaufgeklärten Rolle, welche diese Pflanzen in der Fruchtfolge spielen.“ [1])

Vorerst wusste man aber nicht, wie man sich diese Beziehungen zwischen Wurzelknöllchen und der Stickstoffassimilation der Pflanzen zu denken habe? Bevor an die Lösung dieser Aufgabe geschritten werden konnte, mussten andere nicht minder wichtige Fragen klar und sicher beantwortet werden. Vor Allem musste entschieden werden, worin das Wesen dieser rätselhaften Bildungen besteht und welche Ursachen äusserer oder innerer Natur ihre Entstehung bedingen. Weiterhin war es nötig, ihre Entwickelung und die Veränderungen, denen sie im Laufe dieser Entwickelung, sowohl bezüglich ihrer Struktur, als auch ihres eigentümlichen Inhaltes, unterliegen, näher kennen zu lernen, um schliesslich auf dieser Grundlage zur Erklärung

---

[1]) Siehe in dieser Beziehung SCHINDLER: Über die biologische Bedeutung der Wurzelknöllchen bei den Papilionaceen. Journal für Landwirtschaft. XXXIII. Jahrgang. 1885.

der Rolle, welche ihnen im Haushalte, und insbesondere im Ernährungsleben der Pflanzen zukommt, schreiten zu können.

Dieser Aufgabe habe ich mich noch im Juli 1885 unterzogen. Allein die beschränkten Mittel, die mir zu Gebote standen und eine schwere, langwierige Krankheit, der ich zu Anfang des Jahres 1886 anheimgefallen, waren Schuld daran, dass meine Arbeit nur geringe Fortschritte machte und dann auf längere Zeit (über zwei Jahre) unterbrochen werden musste. Im Juli vorigen Jahres, als ich beinahe die Hoffnung verlor, den Plan meiner Untersuchungen vollständig durchzuführen, habe ich die wichtigeren Resultate derselben auf der V. Versammlung polnischer Naturforscher und Ärzte zur Mitteilung gebracht und einige Monate später dieselben in Kürze im „Botanischen Centralblatt" veröffentlicht. Inzwischen sind fast zu gleicher Zeit mit meiner Abhandlung neue Arbeiten über Wurzelknöllchen von Vuillemin, Beyerinck und Hellriegel erschienen, deren interessante Resultate mich zur Wiederaufnahme meiner Untersuchungen bewogen. Da ich gleichzeitig eine bessere Ausstattung meines Arbeitszimmers erlangte, und auch der galizische Landes-Ausschuss in Erwägung der hohen wissenschaftlichen und praktischen Bedeutung dieser Untersuchungen mir eine Subvention zu diesem Zwecke gewährte, so bin ich schon in den letzten Tagen Dezembers 1888 an die Arbeit herangetreten — und diesmal mit besserem Erfolge.

Schon zu Ende Juni d. J. habe ich die Hauptergebnisse meiner Untersuchungen in Form einer vorläufigen Mitteilung der kk. Akademie der Wissenschaften in Krakau vorgelegt.[1]) In vorliegender Abhandlung bringe ich dieselben mehr detailliert, mit Angabe der Untersuchungsmethoden und des übrigen Beweismaterials, zur Darstellung.

Die vorliegende Arbeit enthält Resultate sowohl älterer als auch der diesjährigen Untersuchungen. Wenn sie auch den Gegenstand nicht völlig erschöpft und manche Frage noch unbeantwortet lässt, so giebt sie doch zum ersten Male ein Bild des Ganzen, — eine Aufklärung über sämtliche Hauptfragen, die an die Existenz der Wurzelknöllchen gebunden sind. Sie

---

[1]) Inzwischen ist diese Mitteilung aus den Bulletins der Krakauer Akademie der Wissenschaften im Biologischen Centralblatt Bd. IX, No. 14 und in anderen Zeitschriften abgedruckt worden.

erklärt sowohl das Wesen der Wurzelknöllchen und die wahren Ursachen ihrer Entstehung, als auch ihre Struktur und Entwickelungsgeschichte, sie giebt auch Aufschluss über die biologische Bedeutung dieser Bildungen für die Pflanze, — kurz gesagt, sie löst das ganze, bis vor kurzem so dunkle und verwickelte Rätsel der „Wurzelknöllchenfrage" vollständig auf. Ich darf mich auch der Hoffnung hingeben, dass diese Auflösung, wenigstens in ihren Hauptmomenten, vollständig der Wahrheit entspricht. Dass mir zur Auflösung dieses schwierigen Rätsels auch die Arbeiten anderer Forscher, namentlich aber von BEYERINCK und HELLRIEGEL, verholfen haben, das gebe ich gerne und ohne Vorbehalt zu, hebe auch an geeigneter Stelle mit voller Anerkennung die bezüglichen Verdienste dieser Forscher hervor. *A capite* die Arbeit ist weit über die Rahmen hinausgewachsen, die ich ihr ursprünglich zu geben beabsichtigte. So ist namentlich der Abschnitt über die ältere Literatur der Wurzelknöllchen etwas zu breit ausgefallen, was jedoch seine Erklärung darin finden mag, dass es mir daran gelegen war, ein, wenn nicht erschöpfendes, so doch wenigstens getreues Bild der historischen Entwickelung unserer Kenntnisse von den Wurzelknöllchen zu geben. Auch in dem Abschnitte über die Ursachen der Wurzelknöllchenbildung musste ich breiter verfahren, da noch in der letzten Zeit von hervorragenden Forschern die Entstehung der Knöllchen auf dem Wege einer äusseren Infektion angezweifelt wurde. Aus diesem Grunde musste ich auch darauf verzichten, das ganze während dieser Untersuchungen angesammelte Beobachtungsmaterial vollständig zu erschöpfen. Auf manche in dieser Arbeit kaum berührte oder selbst unerwähnt gelassene Fragen, behalte ich mir vor bei einer späteren Gelegenheit zurückzukommen.

---

## I.
## Ältere und neuere Ansichten über das Wesen der Wurzelknöllchen.

In der älteren botanischen Literatur findet man nur spärliche Angaben über die Wurzelknöllchen.

Nach TREVIRANUS soll MALPIGHI der erste gewesen sein, welcher ihnen mehr Aufmerksamkeit widmete. Er hielt sie für Insektengallen, wiewohl er selbst zugiebt, dass er niemals, wie

bei anderen Gallen, eine Höhle mit einem Ei darin gefunden hat.

Persoon und Fries haben in den Wurzelknöllchen eigentümliche Pilze aus der Gattung *Sclerotium* gesehen und A. de Candolle meinte, dass sie anfänglich zwar kleine Schwämme, gleich einem *Sclerotium*, zu sein scheinen, in der That aber krankhafte Auswüchse (*exostoses charnus*) des Wurzelgewebes darstellen. Dieser letzteren Ansicht schliesst sich auch Tulasne an.

Nach Clos sind die Wurzelknöllchen „Lenticellen" der Wurzel und werden von ihm *lenticellaires tubercules* genannt.

Treviranus [1]) glaubte in ihnen „unvollkommene Knospen mit knolliger Grundlage" gefunden zu haben, die gewöhnlicher Weise sich nicht weiter entwickeln, aber dennoch das Vermögen besitzen, unter besonderen Umständen neue Pflanzen zu erzeugen. Er sucht diese Auffassung durch den Umstand zu begründen, dass zahlreiche Leguminosen (*Vicia amphicarpa, Lathyrus amphicarpus, Arachis hypoaea* etc.) die Fähigkeit besitzen, aus dem untersten Teile ihres Stengels, gleich über dem Orte, wo die Wurzel anfängt, Früchte zu bilden, die zugleich etwas von dem Charakter der Knollen haben und gewissermassen das Mittel halten zwischen Früchten und Knollen. Er erwähnt auch, dass nach einer von Dillenius mitgeteilten Beobachtung Doody's *Ornithopus perpusillus* in Ermangelung der Früchte sich durch Wurzelknöllchen vermehrt, war jedoch selbst nicht im Stande, sich von der Richtigkeit dieser Beobachtung zu überzeugen.

Kolaczek [2]) und Gasparini [3]) sahen in ihnen rudimentäre und angeschwollene Wurzeln, welche zur Aufsaugung der Nahrung aus dem Boden bestimmt sind, und bezeichneten sie als „Schwammwurzeln" oder „Schwammknöllchen" (*tubercoli spongiolarii*).

---

[1]) Treviranus L. C., Über die Neigung der Hülsengewächse zu unterirdischer Knollenbildung. Bot. Ztg. 1853. Daselbst auch einige Angaben über ältere Literatur. Eine ausführliche Zusammenstellung der älteren Ansichten über Wurzelknöllchen findet der Leser in P. Vuillemin: *Les tubercules radicaux des Légumineuses.* Annales de la Science agron. franc. et étrang. Tom I. 1888. Nancy.

[2]) Kolaczek, Lehrbuch der Botanik 1856, p. 374.

[3]) Zitiert von Vuillemin a. a. O. p. 22.

Eingehendere Untersuchungen über Wurzelknöllchen sind zuerst von WORONIN[1]) an der Lupine (*Lupinus mutabilis*) angestellt worden. Er fand, dass die Wurzelknöllchen in ihrer Hauptmasse aus einem Parenchymgewebe aufgebaut sind, welches aus zwei besonderen und von einander wohl unterschiedenen Portionen besteht: einer inneren, deren Zellen mit trübem, undurchsichtigen Inhalt dicht erfüllt sind, und einer äusseren, deren Zellen eine wässrige, farblose Flüssigkeit mit wenig Plasmasubstanz als Inhalt führen. Beide Portionen, von WOKONIN als inneres und äusseres Parenchym bezeichnet, sind von einander durch eine Lage von Gefässbündelsträngen geschieden, welche von dem zentralen Gefässbündelstrange der Wurzel als seitliche Verzweigungen entspringen und an der Peripherie des inneren Parenchyms, dasselbe allseitig umgebend, im Knöllchen verlaufen. Die äussersten Zellen des inneren Parenchyms sind teilungsfähig und bilden die sogen. Vegetationsschichte, auf deren Thätigkeit das Wachstum des Knöllchens beruht. In den älteren, ausgewachsenen Zellen dieses Parenchyms findet man neben schleimigem Plasma eine Unmasse von winzig kleinen, bakterienähnlichen Körperchen, welche im Wasser nach Verlauf von wenigen Stunden, zuweilen schon innerhalb der Zellen, meistenteils aber erst nach Befreiung aus denselben, sich beleben und dann nach Art der Bakterien frei im Wasser herumschwimmen. WORONIN vermutete, dass diese bakterienähnlichen Körperchen, bezüglich deren er übrigens kein definitives Urteil abgiebt, ob sie wirklich Bakterien und überhaupt selbständige Organismen sind, die Ursache der Wurzelknöllchenbildung sein können.

Einen wichtigen Beitrag zur Kenntnis der Wurzelknöllchen hat die nächstfolgende Arbeit von ERIKSSON[2]), welche in schwedischer Sprache erschienen ist, geliefert. Sie enthält, soviel ich aus den beigefügten Abbildungen und einem kurzen, in deutscher Sprache erschienen Referat[3]) schliessen darf, eine Fülle von richtigen Beobachtungen, welche von der Akkuratesse

---

[1]) WORONIN M., Über die bei der Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) und der gewöhnlichen Gartenlupine (*Lupinus mutabilis*) auftretenden Wurzelanschwellungen. Mém. de l'Acad. d. Sc. de St. Pétersbourg VII. Sér., Tome X, 1866.

[2]) ERIKSSON JAKOB, Studier öfver Leguminosernas rotknölar. Lund. 1874.

[3]) Botan. Zeitung, 1884, p. 382—384.

und Gewissenhaftigkeit des Forschers bestes Zeugnis ablegen. Eriksson liefert in erster Linie eine — wenigstens in den Hauptzügen — gute Entwickelungsgeschichte der Knöllchen von *Faba vulgaris.* Die jungen Knöllchenanlagen entstehen bei dieser Pflanze in den innersten Rindenzellen, die sich mit Plasma erfüllen und durch unordentliche Teilungen rasch vermehren; später nimmt auch das Perikambium Teil an der Zellenneubildung. An den Stellen, wo diese Zellteilungen im Inneren der Rinde vor sich gehen, fand Eriksson immer 3—4 ungeteilte Pilzhyphen, welche in radialer Richtung, die Zellwände durchbohrend, von aussen gegen die junge Knöllchenanlage verlaufen und in derselben sich in zahlreichen, feinen, hie und da knotig angeschwollenen Verzweigungen verbreiten. In diesen Hyphen sieht Eriksson die wahren Ursachen der Knöllchenbildung, denn einerseits finden sie sich nur an den Stellen, wo Knöllchen in Entstehung begriffen sind, andererseits aber werden letztere, im Gegensatz zu den Seitenwurzeln, ohne bestimmte Reihenfolge, sowohl vor den Xylem- wie vor den Phloemsträngen, als auch dazwischen ausgebildet.

Die weitere Entwickelung des Knöllchens geschieht nach Eriksson in der Weise, dass die peripherischen Zellen der jungen Knöllchenanlage sich in eine Art Cambium umformen, welches nach aussen die aus etlichen (5—10) Zellenschichten bestehende Knöllchenrinde (Woronin's „äusseres Parenchym"), nach innen das „centrale" oder „innere Parenchym" und die dasselbe umgebenden Fibrovasalstränge bildet. Die terminale Partie dieses inneren Gewebes bleibt fortbildungsfähig, während seine älteren, gegen die Knöllchenbasis gelegenen Teile sich mit der Zeit mit den von Woronin entdeckten, bakterienähnlichen Körperchen erfüllen, die jedoch nicht immer stäbchenförmig, sondern weit häufiger gabelig verzweigt sind. Ob diese Körperchen mit den in junge Knöllchen eindringenden Pilzhyphen genetisch zusammenhängen, — diese Frage lässt Eriksson unbeantwortet; er betont nur, dass in älteren Knöllchen die Zellen des inneren Parenchyms keine Hyphen mehr, dafür aber die Bakterienkörperchen Woronin's in überaus grossen Mengen enthalten.

Die nächsten nach Eriksson veröffentlichten Arbeiten hatten mehr den Charakter von vereinzelten und gelegentlich gemachten Beobachtungen, als von systematischen Untersuch-

ungen, haben auch im Ganzen sehr wenig zur Erweiterung unserer Kenntnisse über Wurzelknöllchen beigetragen.

Schon DE VRIES [1]) ignoriert vollständig die Resultate seines Vorgängers und behauptet, dass Wurzelknöllchen schlechterdings verdickte adventive Wurzelzweige darstellen, welche ähnlich wie andere Wurzelzweige auf der Aussenseite der Fibrovasalstränge entstehen und von letzteren durch ihr beschränktes Längenwachstum, ihre ansehnliche Verdickung und ihren reichen Gehalt an Bildungsstoffen abweichen. In ihrem Jugendzustande sind sie vollständig meristematisch und gänzlich mit Eiweiss angefüllt, später beschränkt sich dasselbe blos auf die meristematische Spitze, während das übrige Gewebe Stärke enthält, um nach Verbrauch der letzteren zum Wachstum der Zellhäute sich von Neuem mit Eiweiss zu füllen. DE VRIES hat zwar beim Rotklee sowohl Pilzhyphen, als auch die bakterienähnlichen Körperchen WORONIN's beobachtet, glaubt jedoch nicht, dass sie zur Entstehung der Knöllchen in ursächlicher Beziehung stehen, vielmehr hält er sie für nachträglich eingedrungen.

KNY [2]), welcher sich nur nebenbei mit Wurzelknöllchen befasste, stimmt zwar mit ERIKSSON darin überein, dass er sie ebenfalls für krankhafte, durch Parasiten verursachte Bildungen hält, meint aber, dass die in Rede stehenden Parasiten nicht zu den Hyphenpilzen gehören, vielmehr an einen Myxomyceten (*Plasmodiophora Brassicae* WORONIN!) erinnern, denn an den vermeintlichen, von ERIKSSON zuerst gesehenen „Pilzhyphen", welche namentlich in den meristematischen Spitzen in grosser Verbreitung vorkommen, lässt sich eine Membran weder direkt sehen, noch durch Anwendung von Reagentien nachweisen. Er beruft sich dabei auf die Autorität SCHWENDENER's [3]), dem es ebenfalls nicht gelungen ist, eine Membran an den vermeintlichen Pilzhyphen nachzuweisen. Die bakterienähnlichen Körperchen WORONIN's betrachtet KNY für Sporen des parasitischen Plasmodiums, welches die Knöllchen erzeugt; wie jedoch diese

[1]) DE VRIES HUGO, Wachstumsgeschichte des roten Klees. Landwirthschaftl. Jahrbücher, Bd. VI, 1877.

[2]) KNY L., Über die Wurzelanschwellungen der Leguminosen und ihre Erzeugung durch Einfluss von Parasiten. Sitzungsber. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenburg. Bot. Ztg. 1879 p 57.

[3]) IDEM, Zu dem Aufsatze des Herrn Prof. B. FRANK etc. Bot. Ztg. 1879 p. 540.

Körperchen aus dem Plasmodium sich entwickeln sollen, darüber spricht er sich nicht aus.

Frank[1]) stellte zuerst fest, dass die „Pilzhyphen“ in allgemeiner Verbreitung in den Knöllchen sämtlicher Leguminosen angetroffen werden, mit Ausnahme der Lupine, bei welcher sie auch Woronin vermisste. Im Gegensatze zu Kny betrachtet er sie als wirkliche Pilzhyphen und meint, dass sie mit den in älteren Teilen des inneren Parenchyms auftretenden Bakterienkörperchen genetisch zusammenhangen. Er stützt sich dabei vornehmlich auf die Beobachtung, dass zwischen dem Auftreten der „Hyphen“ und „Bakterienkörperchen“ ein Antagonismus der Art bestehe, dass im Meristem des Knöllchens viele Hyphen und wenig Bakterienkörperchen, in den älteren Teilen dagegen letztere in überaus grossen Mengen, erstere aber meistenteils spärlich vorhanden sind. Übrigens fand er nicht selten, dass die Hyphen in ihrem Verlaufe feinere Sprosszweige austreiben, die in Form und Grösse den Bakterienkörperchen vollständig ähnlich sind, und schliesst daraus, dass letztere durch Sprossungen an den Hyphen entstehen, dann abgeschnürt werden und durch weitere Sprossungen und Zerfall der Sprossglieder sich bis zum vollständigen Erfüllen der Zellen vermehren. Er nennt sie deshalb „Sprosszellchen“ und tritt der Ansicht entgegen, dass sie Bakterien seien.

Frank war auch der erste, welcher durch Versuche sich Aufklärung über die wahre Natur der Wurzelknöllchen zu verschaffen suchte. Zu diesem Behufe kultivierte er Erbsenpflanzen teils in durch Aufkochen sterilisierten Nährflüssigkeiten, teils in ausgeglühter und nachher mit ebenfalls ausgekochtem Dekokt von Pferdemist begossenener Erde; zur Controle dienten Parallelversuche in nicht sterilisierten Medien. Das Ergebnis dieser Versuche war kein befriedigendes und gestattete auch kein sicheres Urteil; zwar haben sich an den in geglühter Erde gewachsenen Pflanzen keine Wurzelknöllchen gebildet, dafür fanden sich in Wasserkulturen, sowohl den sterilisierten als auch unsterilisierten, eine gleiche Anzahl von Pflanzen, welche mit Knöllchen versehen und von diesen Bildungen frei waren.

---

[1]) Frank, A. B., Über die Parasiten in den Wurzelanschwellungen der Papilionaceen. Botan. Ztg. 1879.

Gleichzeitig mit Frank hat Prillieux[1]) seine Untersuchungen veröffentlicht, die in mancher Beziehung die von Eriksson erlangten Resultate bestätigen. In Übereinstimmung mit diesem letzteren Forscher hebt Prillieux hervor, dass die Wurzelknöllchen sowohl in Rücksicht auf den Ort ihrer Entstehung und die Art ihrer Entwickelung, als auch rücksichtlich ihres anatomischen Baues, Bildungen eigener Art, welche mit den Seitenwurzeln nichts gemein haben, darstellen. Er stimmt auch mit Eriksson darin überein, dass diese Bildungen durch Parasiten hervorgebracht werden, stellt aber dieselben nach dem Vorgange von Kny in die nächste Verwandtschaft der von Woronin entdeckten und beschriebenen *Plasmodiophora Brassicae.* Sie treten in den Knöllchen in Form von nackten vielfach verzweigten und durch starken Lichtglanz ausgezeichneten Plasmodiumsträngen auf, welche die Zellmembranen durchbohren, in ihrem Verlaufe zu zahlreichen kugeligen oder unregelmässigen Blasen und Erweiterungen anschwellen und schliesslich in Massen von „Bakterienkörperchen" sich verwandeln. Die Art und Weise, wie diese Umwandlung der Plasmodiumstränge in Bakterienkörperchen vor sich gehen soll, beschreibt Prillieux, wie folgt: „j'ai vu souvent (les cordons muqueux) se lober d'une façon irrégulière et former des masses mammelonées dont la surface devient granuleuse, et que présentent toutes les transitions avec des amas de granules identiques aux corpuscules bactèriformes." In Bezug auf diese letzteren glaubt Prillieux bestimmt behaupten zu können, dass sie einer spontanen Bewegung nicht fähig sind und nur Molecularbewegungen ausführen. Durch diesen Mangel an Schwärmfähigkeit und durch ihre meistenteils gabelige Gestalt sind sie auch hinlänglich von den Bakterien unterschieden.

Die nächste, kurze Abhandlung von Schindler[1]) bringt zwar keine neuen und gewichtigen Thatsachen zu Tage, ist aber namentlich aus diesem Grunde der Beachtung wert, weil hier zum ersten Male die Vermutung ausgesprochen wird, dass

---

[1]) Prillieux, M., Sur la nature et sur la cause de la formation des tubercules sur les racines des Légumineuses. Bull. de la Soc. bot. de France T. 26. 1879.

[1]) Schindler F., Zur Kenntnis der Wurzelknöllchen der Papilionaceen Bot. Centrbl. Bd. XVIII, p. 84.

die Wurzelknöllchen symbiontische Bildungen zwischen den Leguminosenpflanzen und gewissen Bodenorganismen sein können. Diese Vermutung wird von Schindler nur für den Fall aufgestellt, wenn es sich bestätigen sollte, dass die Wurzelknöllchen durch eine Infektion von aussen entstehen; seine eigenen diesbezüglichen Versuche, die er nach Art der oben erwähnten Frank'schen Versuche ausführte, haben kein sicheres Resultat ergeben, denn obgleich in den sterilisierten Medien echte Wurzelknöllchen fehlten, so waren doch die Wurzeln mit eigentümlichen Anschwellungen versehen, deren Zellen fast ausnahmslos zuweilen bis zum vollständigen Erfülltsein, — gleich den echten Knöllchen, — „Bakterienkörperchen“ als Inhalt führten.

Einer ganz neuen Auffassung der Natur der Wurzelknöllchen, und namentlich der in ihnen enthaltenen Formelemente, begegnen wir bei Brunchorst.[1]) Nach diesem Forscher sind die Knöllchen normale Gebilde der Leguminosenwurzel, in denen Eiweisssubstanzen unter der besonderen Form von „bakterienähnlichen Körperchen“ zeitweise angehäuft werden. Neben diesen Körperchen, die er mit Rücksicht auf ihre grosse Ähnlichkeit mit echten Bakterien als „Bakteroiden“ bezeichnet fand Brunchorst auch „unzweifelhafte Pilzhyphen“ (an anderer Stelle nennt er sie „Plasmodiumstränge“), glaubt aber, dass dieselben weder zu den Knöllchen, noch zu den Bakteroiden in ursächlicher Beziehung stehen, denn bei mehreren Pflanzen *(Lupinus, Phaseolus multiflorus etc.)* werden sie nie beobachtet, bei anderen *(Phaseolus vulgaris)* kommen sie bald vor, bald fehlen sie gänzlich. Nach Brunchorst entstehen die Bakteroiden im jugendlichen Zustande der Knöllchen durch Differenzierung aus einem Teil des Zellplasmas, und werden zur Zeit der Reife von der Pflanze aufgelöst und samt dem übrigen Zellplasma resorbiert, indem sie augenscheinlich das Material zur Ausbildung der Früchte und Samen liefern. Infolge dieser Resorption wird das ganze innere Gewebe (Bakteroidengewebe) des Knöllchens entleert und es bleiben von dem reichlichen Eiweissinhalte der Bakteroidenzellen bloss ganz spärliche, desorganisierte Überbleibsel zurück. Diese Entleerung, welche den normalen Abschluss in der Entwickelung der Knöllchen bildet, meint Brunchorst, deutet mit

---

[1]) Brunchorst J., Über die Knöllchen an den Leguminosenwurzeln. Vorläuf. Mitt. Berichte d. deutsch. bot. Gesell. Bd. III, 1885.

Bestimmtheit darauf hin, dass „die Bakteroiden Gebilde sind, welche von der Pflanze selbst zu irgend einem Zwecke erzeugt und nach Erfüllung ihres Zweckes wieder resorbiert werden." Folglich müssen auch die Knöllchen als normale Organe, welche ohne Zuthun von fremden Organismen die Pflanze selbst erzeugt, betrachtet werden.

Obgleich BRUNCHORST's Auffassung bloss auf dem mikroskopischen Befunde und den daraus gezogenen willkürlichen Schlüssen fusste und jeder experimentellen Begründung entbehrte, so hat sie doch bei den meisten Forschern Anklang gefunden und ist, wenigstens für die nächste Zeit, in der Wissenschaft zur vorherrschenden geworden.

Schon SCHINDLER[1]) neigt in seiner zweiten Mitteilung zur Ansicht BRUNCHORST's hin, dass Wurzelknöllchen möglicherweise nicht auf dem Wege einer äusseren Infektion entstehen, sondern von der Pflanze selbst gebildet werden, wenn er auch sich nicht entschliessen kann, seine Theorien insgesamt zu acceptieren.

Dagegen verlässt FRANK[2]) für immer seinen früheren Standpunkt in der Knöllchenfrage und hält es mit BRUNCHORST für erwiesen, dass die Knöllchen eigene Organe der Leguminosenpflanze darstellen, in denen Eiweisssubstanzen unter der besonderen Form der Bakteroiden zeitweise abgelagert werden.

Noch weiter geht TSCHIRCH,[3]) welcher nicht nur die Bakteroiden für geformte Eiweisskörper hält, aber auch zu beweisen sucht, dass die in den Knöllchen zahlreicher Pflanzen auftretenden eigenartigen Bildungen, welche von einigen Forschern für Pilzhyphen, von anderen für Plasmodiumstränge gehalten wurden, bloss eigentümlich individualisierte Teile des Zellplasmas darstellen. Die Bakteroiden — meint TSCHIRCH — können keine Bakterien sein, denn mit wenigen Ausnahmen weichen sie von diesen in der Gestalt ab, sind unfähig, Eigenbewegungen auszuführen, und was besonders wichtig ist, sie vermehren sich nicht weder auf festem noch flüssigem Substrat, wie sich

[1]) SCHINDLER F.: Über die biologische Bedeutung der Wurzelknöllchen bei den Papilionaceen. Journ. f. Landwirtsch. XXXIII, 1885.

[2]) FRANK B.: Sind die Wurzelanschwellungen der Erlen und Elaeagnaceen Pilzgallen? Ber. d. deut. bot. Gesellsch. Bd. V, 1887, p. 57.

[3]) TSCHIRCH A.: Beiträge zur Kenntnis der Wurzelknöllchen der Leguminosen. Ibidem, p. 58—97.

Tschirch durch zahlreiche und vielfach abgeänderte Kulturversuche auf verschiedenen Nährböden überzeugt haben soll. Was die anderen Bildungen anlangt, so können sie keine „Pilzhyphen“ sein, weil sie eine Membran nicht erkennen lassen, sie können auch keine „Plasmodiumstränge“ sein, da von einem Plasmodium in den Knöllchen nichts zu sehen ist. Aus diesem Grunde hält es Tschirch für wahrscheinlich, dass sie direkt aus dem Zellplasma entstehen und ein Vorläuferstadium der Bakteroidendifferenzierung darstellen.

Im Übrigen bestätigt Tschirch die Beobachtung Brunchorst's, dass das Bakteroidengewebe der Knöllchen zur Zeit der Samenreife entleert wird, hebt jedoch hervor, dass die Entleerung selbst bei einjährigen Pflanzen keine vollständige sei und bei den mehrjärigen sich nicht auf sämtliche Knöllchen erstrecke. Schliesslich sucht er eine Entwickelungsgeschichte der Knöllchen zu geben und betont, dass mit Ausnahme der Lupine, bei welcher die Knöllchen aus den Teilungen des Perikambiums hervorgehen, sämtliche andere Pflanzen ihre Knöllchen in der Tiefe der Rinde, ausserhalb der Endodermis, anlegen.

Den Ansichten von Tschirch über die Natur der Wurzelknöllchen und der in ihnen enthaltenen Bakteroiden und hyphenartigen Bildungen, schliessen sich van Tieghem und Douliot [1]) vollständig an, bringen aber neue Thatsachen zu ihrer Begründung nicht vor. Dagegen suchen beide Forscher den Nachweis zu liefern, dass Wurzelknöllchen morphologisch den Seitenwurzeln gleichwertig sind, indem sie aus dem Perikambium unter den gleichen Gestaltungserscheinungen, wie Seitenwurzeln, hervorgehen sollen, wodurch sich die genannten Forscher in Gegensatz sowohl zu Tschirch, als auch zu Eriksson und Prillieux setzen, welche die Bildungsstätte der Knöllchen in den inneren Schichten der Rinde fanden.

So sind durch die Arbeiten von Brunchorst, Tschirch und van Tieghem die Ergebnisse der älteren Forschungen in allen entscheidenden Punkten in Frage gestellt und einer neuen Auffassung über das Wesen der Wurzelknöllchen Platz

---

[1]) van Tieghem et H. Douliot, Origine, structure et nature morphologique des tubercules radicaux des Légumineuses. Bull. de la soc. bot. de France. T. XXXV, 1888.

gemacht worden. Die durch diese Arbeiten vertretenen Ideen fanden in der Wissenschaft um so mehr Glauben, als ältere Untersuchungen bloss dargethan haben, dass in den Knöllchen Bildungen vorkommen, welche in vielfacher Beziehung Pilzen und Bakterien ähnlich sind, aber nicht im Stande waren, zu beweisen, dass diese Bildungen wirkliche Pilze oder Bakterien seien, und desto weniger, dass sie mit der Entstehung der Knöllchen im ursächlichen Zusammenhange stehen.

Auf der anderen Seite fehlte es aber nicht an Thatsachen und Beobachtungen, welche zu Gunsten der älteren Ansicht über die Entstehung der Knöllchen auf dem Wege einer äusseren Infektion sprachen und dieselbe aufrecht erhielten.

So hat HELLRIEGEL[1]) bei seinen Untersuchungen über die Stickstoffernährung der Gramineen und Leguminosen die Erfahrung gemacht, dass in reinem Sand kultivierte Erbsen bald Wurzelknöllchen entwickelten, bald nicht. Da er sich gleichzeitig überzeugt hatte, dass die mit Knöllchen versehenen Pflanzen sich inbezug auf ihre Ernährung ganz anders verhielten, als knöllchenfreie, sonst aber unter den gleichen Bedingungen gewachsene Pflanzen, so glaubte er der Sache näher auf den Grund treten zu müssen und unternahm eine Reihe von höchst interessanten Versuchen, die auch zu höchst wichtigen Ergebnissen führten. Ich werde auf diese Versuche im weiteren Verlaufe dieser Arbeit noch einmal zurückkommen. Was uns an dieser Stelle interessiert, ist folgendes. HELLRIEGEL säete in eine grössere Anzahl von Glastöpfen, die bald mit sterilisiertem, bald mit nicht sterilisiertem Sand gefüllt waren, Samen von verschiedenen Leguminosen (Erbsen, Lupinen und Seradella) aus. Ein Teil der Töpfe blieb ohne weitere Behandlung und wurde mit destilliertem Wasser begossen, ein anderer Teil erhielt nach der Aussaat etwa 25 cbcm eines wässerigen Auszuges aus gewöhnlicher Ackererde, ein dritter Teil die gleiche Menge desselben Bodenaufgusses, der jedoch zuvor durch Aufkochen sterilisiert wurde. Das Resultat dieser Versuche war, dass in den Glastöpfen, die mit geeignetem und nicht sterili-

---

[1]) HELLRIEGEL, H., Welche Stickstoffquellen stehen der Pflanze zu Gebote. Tageblatt der 59. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Berlin 1886.

siertem Bodenaufguss begossen waren, sich zahlreiche Knöllchen an den Wurzeln entwickelt haben, dass dagegen in den übrigen Töpfen, welche entweder gar nicht oder mit erhitztem Aufguss beschickt waren, die Wurzeln knöllchenfrei blieben.

In späteren Jahren hat HELLRIEGEL in Gemeinschaft mit WILFARTH[1]) ähnliche Versuche in noch grösserer Anzahl angestellt und gelangte zu denselben Resultaten. Er schloss daraus, dass die Wurzelknöllchen durch gewisse Mikroorganismen (wahrscheinlich Bakterien), deren Keime im gewöhnlichen Kulturboden verbreitet sein müssen, hervorgebracht werden.

Die Resultate HELLRIEGEL's wurden alsbald durch die Untersuchungen von MARSHALL WARD[2]) bestätigt, und in gewisser Hinsicht sogar erweitert. WARD fand, dass in Wasserkulturen gezogene Pflanzen (Bohnen), die erfahrungsmässig eine Indisposition zur Bildung der Knöllchen zeigen, letztere dennoch ansetzen, wenn man Schnitte aus alten Knöllchen an ihre Wurzeln befestigt. Auch konnte er Knöllchenbildung in Wasserkulturen dadurch veranlassen, dass er Samen in gewöhnlicher, nicht sterilisierten Erde keimen liess, und dann die jungen Pflänzchen in Nährlösungen versetzte; war die Erde zuvor sterilisiert, so blieb die Entwickelung der Knöllchen nach Übertragung in Nährlösung aus. Aus allem dem schliesst WARD, in Übereinstimmung mit HELLRIEGEL, dass die Knöllchen Folgen einer von aussen kommenden Infektion sind. Inbezug auf den infizierenden Organismus fand WARD, dass derselbe in Form von unseptierten, mit dünnen Membranen umgebenen Hyphen durch Wurzelhaare in die Wurzel eindringt und in der jungen Knöllchenanlage sich durch Verzweigungen verbreitet. Der Pilz soll zu den *Ustilagineen* gehören, durch Anpassung an seine endophytische Lebensweise jedoch die Fähigkeit der Dauersporenbildung verloren haben; er soll sich bloss durch Sporulen vermehren, welche in Form der bekannten „Bakterienkörperchen“ an den Hyphenendigungen durch Sprossungen entstehen und nach Abschnürung sich durch weitere Sprossungen vermehren.

---

[1]) HELLRIEGEL und WILFARTH, Untersuchungen über die Stickstoffnahrung der Gramineen und Leguminosen. Beilageheft zu d. Zeitsch d. Ver. f. d. Rübenz.-Industrie d. D. R. Berlin, 1888.

[2]) WARD, H. MARSHALL, On the tubercular swellings on the roots of Vicia Faba. Philos. Transact. of the Roy. Soc. of London. Vol. 178, 1887. Refer. im Bot. Centralbl. 1888. Bd. XXXIV.

Durch Verfaulen der Knöllchen gelangen die Sporulen in den Boden und können von dort von neuem Pflanzen infizieren. Da die knöllchentragenden Pflanzen keinen Schaden leiden, so meint WARD, dass der Pilz kein eigentlicher Parasit sei, sondern in Symbiose mit der Pflanze lebe.

Zu derselben Auffassung, dass Wurzelknöllchen symbiontische Bildungen zwischen Leguminosenpflanzen und gewissen Bodenorganismen sind, bekennen sich auch LUNDSTROEM [1]) und VUILLEMIN [2]), sind aber nicht imstande, neue Thatsachen zu ihrer Begründung vorzuführen. LUNDSTROEM lässt es überhaupt unbeantwortet, welche von den in den Knöllchen auftretenden Organismen, ob „Bakteroiden" oder „Pilzfäden", im ursächlichen Zusammenhange zu den Knöllchen stehen. Dagegen nimmt VUILLEMIN mit BRUNCHORST an, dass die „Bakteroiden" bloss geformte Bestandteile des Zellplasmas darstellen, und sucht den Nachweis zu liefern, dass die Wurzelknöllchen durch einen Pilz aus der Verwandtschaft der *Chytridiaceen,* den er *Cladochytrium tuberculorum* nennt, hervorgebracht werden. Der Pilz wächst in die Wurzelrinde in Form von Hyphen hinein, welche von einer Cellulosemembran umgeben sind, die sich mit Chlorzinkjod blau färbt. Im Zusammenleben mit der Pflanze soll er durch letztere in seinem Fruktifikationsvermögen gehindert sein; die Fruktifikation findet nur in alten, teilweise entleerten Knöllchen statt. Nach VUILLEMIN erfolgt sie in der Weise, dass die Hyphen an ihren Enden zu kugeligen Blasen austreiben, von denen ein Teil sich direkt in Dauersporen (*chronispores*) verwandelt, ein anderer Teil zu Sporangien wird. In diesem letzteren sollen dann zahlreiche Zoosporen gebildet werden, die aus den Sporangien ausschlüpfen, einige Zeit frei herumschwimmen, dann ihre einzige Cilie einziehen, sich abrunden, mit einer Cellusomembran umhüllen und so zu Sporen werden. Die Keimung dieser Sporen sowie ihr Eindringen in die Wurzeln hat VUILLEMIN nicht gesehen, glaubt aber, dass aus ihnen sich die Hyphen entwickeln, die von aussen in die jungen Knöllchenanlagen hineinwachsen. Die Anlage des Knöllchens soll im

---

[1]) LUNDSTROEM, A. N., Über Mykodomatien an den Wurzeln der Papilionaceen. Bot. Centralbl. Bd. XXXIII, 1888.

[1]) VUILLEMIN, P., Les tubercules radicaux des Légumineuses. Nancy 1888.

Perikambium der Mutterwurzel erfolgen, weshalb die Wurzelknöllchen als unter dem Einfluss des Pilzes metamorphosierte Seitenwurzeln anzusehen sind.

Einen wichtigen Beitrag zur Erkenntnis der wahren Natur der Wurzelknöllchen hat BEYERINCK[1]) geliefert, dessen Untersuchungen fast gleichzeitig mit der Arbeit VUILLEMIN's und meiner, schon in der Einleitung erwähnten Mitteilung, zur Veröffentlichung gelangten.

Die hohe Bedeutung dieser Untersuchungen liegt besonders darin, dass es BEYERINCK gelungen ist, — was ältere Forscher vergebens versucht haben, — aus den Knöllchen zahlreicher Leguminosenpflanzen (*Vicia*, *Pisum*, *Faba*, *Trifolium*, *Lathyrus*, *Lotus*, *Phaseolus*, *Lupinus* etc.) in geeigneten künstlichen Nährmedien Vegetationen von Bakterien heranzuzüchten, die zwar durch geringfügige Merkmale, je nach den Pflanzen, aus denen sie erhalten wurden, sich unterschieden, aber in ihren Hauptcharakteren einander sehr nahe standen. Auf Grund dieser Thatsache sowie der Beobachtung, dass in einem durch Erhitzen sterilisierten Boden die Ausbildung der Knöllchen unterbleibt, schliesst BEYERINCK, dass die aus den Knöllchen gezüchteten Bakterien, die er mit dem Namen *Bacillus Radicicola* belegt, die eigentlichen Urheber der Knöllchenbildung sind. Da ihn entsprechende Versuche lehrten, dass *Bacillus Radicicola* Cellulose nicht zu verflüssigen vermag, so meint er, dass derselbe durch Spalten in der primären Rinde, welche bei der Seitenwurzelbildung entstehen, in die Wurzeln eindringt, und auf diesem Wege bis in das Perikambium vordringt, und „die rhizogenen Zellen infiziert.“ Im Perikambium sollen die Bakterien durch „unsichtbare Poren der Zellmembranen“ (HEITZMANN'sche Poren!) von Zelle zu Zelle sich verbreiten, ohne irgend eine Laesion zu verursachen, und diese Art ihres Vordringens sucht BEYERINCK dadurch wahrscheinlich zu machen, dass die Bakterien äusserst dünn sind und ihr Körper eine gewisse Elastizität besitzt. BEYERINCK meint also in Übereinstimmung mit VAN TIEGHEM, VUILLEMIN u. A., dass das Perikambium die Initialen für Knöllchenbildung abgiebt, und dem entsprechend betrachtet er die Knöllchen selbst als metamorphosierte Wurzel-

---

[1]) BEYERINCK, M. W., Die Bakterien der Papilionaceenknöllchen. Bot. Ztg. Bd. 46, 1888.

organe. In Bezug auf die Schicksale der Bakterien in den Knöllchen giebt BEYERINCK an, dass dieselben, nachdem sie sich vermehrt haben, unter dem Einflusse des Zellplasmas sich in „Bakteroiden“ verwandeln, d. h. in metamorphe Bakterien, welche ihre Entwickelungsfähigkeit verloren haben, und deren Körper schliesslich von der Pflanze aufgelöst und resorbiert werden. In anderen Fällen behalten die Bakterien ihre ursprüngliche Gestalt und Vegetationskraft, gewinnen Überhand über das Zellplasma, und vermehren sich in den Geweben des Knöllchens in's Unendliche. Im ersteren Falle, welcher der häufigere und normale ist, gereichen die Knöllchen der Pflanze zu Nutzen, im anderen Falle ziehen die Bakterien aus denselben Vorteil, indem sie nach dem Absterben der Pflanze in vermehrter Anzahl wieder in den Boden gelangen. Die Knöllchen sind demnach für beide in ihnen vereinigten Organismen nützlich, gehören also zu den symbiontischen Bildungen. Was schliesslich die „hyphenartigen Bildungen“ anlangt, welche in den Knöllchen der meisten Pflanzen regelmässig auftreten und so verschiedene Deutungen erfahren haben, so will sich BEYERINCK überzeugt haben, dass dieselben in den mit Bakterien infizierten Zellen bei der Zellkernteilung als „Überbleibsel der Kerntonnen“ entstehen, „welche nach beendigter Zellteilung nicht vollständig zu dem Cytoplasma und dem Kerne zurückwandern.“ Dieser Ursprung soll erklären, weshalb die Fäden, „wie selbstständige Organismen, quer durch ganze Zellreihen, die Zellwände senkrecht durchbohrend“, verlaufen, und in den Zellen selbst gegen die Zellkerne gerichtet sind oder gar mit ihnen sich vereinigen. Entsprechend dieser Anschauung bezeichnet sie BEYERINCK als „Schleimfäden“, und fügt hinzu, dass in solchen Knöllchen, welche frühzeitig der sogenannten „Bakterienerschöpfung“ anheimfallen, d. h. von den Bakterienvegetationen überwuchert werden, Zellkern und Cytoplasma insgesamt von der schleimigen Degeneration ergriffen werden und in Schleimfäden sich verwandeln.

Schliesslich wäre hier noch einer erst kürzlich von F. DELPINO[1]) erschienenen Mitteilung zu gedenken, in welcher

---

[1]) DELPINO, F., Osservazioni sopra batteriocecidii e la sorgente d'azoto in una pianta di *Galega officinalis*. Estratto dalla Malpighia Anno II, Fasc. IX—X. 1889. In dieser Abhandlung findet sich auch eine kurze

ebenfalls die Ansicht vertreten wird, dass Wurzelknöllchen infolge einer Infektion durch Bakterien entstehen, wenn auch der Verfasser zur Begründung seiner Ansicht nichts weiter vorbringt, als den mikroskopischen Befund und die grosse Ähnlichkeit der Bakteroiden mit echten Bakterien.

Neben diesen Arbeiten, welche mit mehr oder weniger überzeugenden Argumenten für die infektiöse Natur der Wurzelknöllchen eintraten, fehlte es nicht an gewichtigen Stimmen, welche einer solchen Auffassung widersprachen. In dieser Beziehung hat sich besonders A. B. Frank hervorgethan, welcher, nachdem er einmal seinen früheren Standpunkt in der „Knöllchenfrage“ verlassen hat und zu den Anschauungen seines Schülers Brunchorst, dieselben als richtig anerkennend, sich bekannte, aus einem Anhänger der infektiösen Entstehung der Wurzelknöllchen zum entschiedenen Gegner dieser Auffassung geworden ist. In zahlreichen Abhandlungen, die er im Laufe der drei letzten Jahre veröffentlicht hat, sucht er die Thesen seines Schülers aufrecht zu erhalten, indem er zu ihrer Stütze bald eigene Versuche vorführt, welche darthun sollen, dass die Wurzelknöllchen ohne Zuthun von niederen Organismen entstehen, bald die Versuche anderer bemängelt und auch die anderen Argumente seiner Gegner einer strengen, wenn auch nicht immer gerechten Kritik unterzieht. Auf diese Einwände Frank's, insoweit sie die Ursache der Knöllchenbildung betreffen, werde ich im nächsten Abschnitte zu sprechen kommen, in welchem auch die Resultate meiner eigenen, sowohl älteren, als auch diesjährigen Untersuchungen zur Mitteilung gelangen werden.

---

## II.

## Die Ursachen der Wurzelknöllchenbildung.

Im Jahre 1885, als ich die Untersuchungen über Wurzelknöllchen in Angriff genommen habe, neigte die Mehrzahl der

Notiz über eine von Mattei, einem Assistenten Delpino's, in derselben Zeitschrift (Bd. I, 1887) veröffentlichte Abhandlung, welche ebenfalls die Ansicht vertritt, dass Wurzelknöllchen durch Bakterien hervorgerufen werden. Soviel ich aus dieser Notiz und einem Citate in Vuillemin's Abhandlung (l. c. p. 55 und 69) entnehmen kann, führt Mattei keine neuen Argumente zu Gunsten seiner Anschauung an.

neueren Forscher entschieden zu der Anschauung, dass die Knöllchen nicht zum normalen Leben der Pflanzen gehören, sondern auf dem Wege einer Infektion von aussen durch gewisse Bodenorganismen hervorgebracht werden. Diese Anschauung fusste, wie aus dem vorigen Abschnitt erhellt, ausschliesslich auf dem mikroskopischen Befunde, dass in den Knöllchen stets Bildungen vorkommen, die bald Bakterien, bald Pilzen ähnlich sind, deren wahre Natur jedoch vollständig im Dunkel gehüllt war. Man hat zwar versucht, der Wahrheit sich dadurch zu nähern, dass man Pflanzen in sterilisierten Medien wachsen liess (FRANK und SCHINDLER), allein diese Versuche führten zu keinem bestimmten Resultat, und die Versuchsansteller selbst waren weit davon entfernt, aus denselben bestimmte Schlüsse rücksichtlich der Natur der Wurzelknöllchen zu ziehen.[1]) So geschah es, dass BRUNCHORST, welcher in demselben Jahre mit einer neuen Anschauung über das Wesen der Wurzelknöllchen hervortrat, eine verhältnismässig leichte Aufgabe vorfand, indem er, ohne die Versuche seiner Vorgänger zu wiederholen, über dieselben den Stab brechen konnte, — und er hat sich diese Aufgabe noch mehr dadurch erleichtert, dass er überhaupt keine Versuche zur Begründung seiner eigenen Thesen ausführte.

Bei diesem Sachverhalt war es ganz natürlich, dass ich mir in erster Linie die Frage vorlegen musste, was denn eigentlich Wurzelknöllchen sind? Sollten sie normale Bildungen der Leguminosenwurzeln sein, so müsste ihre Bildung ohne Rücksicht auf die Gegenwart oder Abwesenheit von niederen Organismen überall da von statten gehen, wo die Bedingungen ihrer Entstehung gegeben sind; werden sie aber unter Einwirkung von niederen Organismen gebildet, so müsste ihre Bildung in organismenfreien Medien auch dann unterbleiben, wenn sämtliche andere Bedingungen ihrer Entstehung gegeben wären.

---

[1]) So z. B. urteilt FRANK über seine Versuche (Bot. Ztg. 1879, p. 382): „Dieses Ergebnis gestattet also auch noch kein Urteil.“ Und einige Zeilen weiter: „Durch diesen Versuch wird es wenigstens wahrscheinlicher, dass eine parasitäre Infektion vorliegt.“ Noch präciser spricht sich SCHINDLER aus (Bot. Centrbl. Bd. XVIII, p. 87): „Eine parasitäre Infektion kann, nach meinem Dafürhalten, durch diesen Sachverhalt nicht bewiesen werden.“

Das Medium, in welchem die Wurzelknöllchen regelmässig zur Ausbildung gelangen, ist ein jeder Kulturboden. In Wasserkulturen sind die Knöllchen eine unstete und mehr zufällige Erscheinung, wie dies schon RAUTENBERG und KÜHN[1]) zuerst beobachtet, und spätere Forscher zu wiederholten Malen bestätigt haben.

Die Befreiung des Bodens von Organismenkeimen kann nur durch höhere Temperaturen sicher bewirkt werden. In den älteren Versuchen von FRANK und SCHINDLER wurde der Boden einfach geglüht. Bei diesem Verfahren werden zwar Organismenkeime sicher getötet, aber gleichzeitig erfährt der Boden ungünstige Veränderungen in seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften, worunter auch die normale Entwicklung der Pflanzen leidet. FRANK und SCHINDLER haben bei ihren Versuchen diesen Umstand nicht berücksichtigt, und dies mag wohl der Grund gewesen sein, dass sie aus ihren Versuchen keine sicheren Schlüsse zu ziehen wagten. In der Natur beobachtet man nämlich, dass eben die gesundesten und best entwickelten Pflanzen auch die schönsten und reichlichsten Knöllchen tragen. Übrigens habe ich mich gleich bei den ersten Versuchen, in denen der Boden zwar nicht geglüht, aber in einem mehr trockenen Zustande sterilisiert wurde, überzeugen können, dass in einem solchen Boden die Wurzeln in ihrer Entwickelung gehemmt und bedeutend geschädigt werden.

Um diesem schädigenden Einfluss, welchen das Ausglühen des Bodens auf die Wurzelentwickelung mit zur Folge hat, vorzubeugen, war es notwendig, den Boden auf feuchtem Wege zu sterilisieren. Bei diesem Verfahren erleidet zwar der Boden ebenfalls gewisse Veränderungen, denn unter Einwirkung des heissen Wassers geht ein etwas grösserer Teil seiner Bestandteile in Lösung über, wie dies erst neulich von FRANK[2]) durch besondere Versuche zum Überfluss festgestellt wurde, behält aber, insoweit er nicht zum Verschlämmen geneigt ist, also wenig thonige Bestandteile enthält, seine günstigen physikalischen Eigenschaften, insbesondere seine Struktur und Porosität

[1]) Landwirtsch. Versuchs-Stationen, 1864, p. 359.

[2]) FRANK, B., Über den Einfluss, welchen das Sterilisieren des Erdbodens auf die Pflanzenentwickelung ausübt. Ber. der deut. bot. Gesellsch. Bd. VI, 1888, p. XCV.

bei. Ich hebe diesen Umstand deshalb hervor, da Tschirch[1]) und Frank[2]) behaupteten, dass die Ausbildung der Knöllchen wahrscheinlich an gewisse physikalische und chemische Eigenschaften des Bodens, die durch das Sterilisieren verändert werden, gebunden ist. Wir werden bald sehen, dass diese Behauptung vollständig aus der Luft gegriffen ist.

Da mir ein Dampfsterilisierungsapparat nicht zur Verfügung stand, so musste ich das Sterilisieren in einem gewöhnlichen Ofen vornehmen, in welchem über dem Heizraume eine Art Trockenschrank aus Eisenblech mit einer Glasthüre in Eisenrahmen und drei Etagen im Inneren angebracht war.

Zu den Versuchen nahm ich Gartenerde aus dem botanischen Garten des hiesigen Instituts, welche aus grobkörnigem Sande mit viel Humus und Kalktrümmern besteht. In dieser Erde bilden sämtliche Leguminosenpflanzen, welche hier in Kultur sich befinden, recht zahlreiche und sehr wohl ausgebildete Knöllchen. Mit dieser Gartenerde wurden grössere, walzenförmige, 15—20 cm hohe und ebenso breite Töpfe aus gebranntem Thon, deren Boden jedoch nicht durchlöchert war, bis etwa 3 cm unter den Rand angefüllt, dann die Erde bis zur Sättigung mit Wasser durchfeuchtet, die Töpfe mit Glasplatten[3]) bedeckt und in den Ofen, in welchem ein paar Stunden zuvor angeheizt wurde, gestellt. Durch Aufstellung der Töpfe in den verschiedenen Etagen des Trockenschrankes konnten dieselben eine halbe bis eine ganze Stunde lang in einer Temperatur (der Erde) von 100—105° C. erhalten werden; die Töpfe blieben jedoch im Ofen 6 bis 12 Stunden bis zur vollständigen Abkühlung. In späteren Versuchen wurde die Erde in den Töpfen nicht immer zum Aufkochen gebracht, sondern öfters bloss auf 90—95° C. angewärmt.

Nachdem die Töpfe erkaltet waren, wurden dieselben aus dem Ofen herausgenommen und in einen jeden 5 bis 8 Erbsen oder Bohnensamen (*Phaseolus vulgaris*) unter den gewöhnlichen, in der neueren Bakteriologie angewendeten Kautelen, ausgesäet;

---

1) l. c. p. 69.

2) Ber. d. deutsch. bot. Gesellschaft. Bd. VI, 1888.

3) Da die Glasplatten leicht in der Hitze zersprangen, so verwendete ich später zu diesem Zwecke gewöhnliche Thonplatten, welche nach hinreichender Abkühlung der Töpfe mit zuvor sterilisierten Glasplatten ausgewechselt wurden.

die Samen wurden zuerst in Weingeist abgespült und nachher letzterer durch Verbrennen entfernt. Zur Kontrole wurden andere Töpfe, welche mit der nämlichen, aber nicht sterilisierten Gartenerde gefüllt waren, mit der gleichen Anzahl von Samen beschickt. Nach dem Legen der Samen wurden die Töpfe samt den sie bedeckenden Glasplatten auf einem gegen Ost gerichteten Fenster aufgestellt. Nach Aufgang der Samen entfernte ich die Glasplatten und bedeckte den ganzen oberen Raum der Töpfe mit sterilisierter Watte. In späteren Versuchen verwendete ich dazu nicht sterilisierte Watte, da ich mich bald überzeugt habe, dass unter diesen Bedingungen es absolut unmöglich ist, den Boden in den Töpfen in einem absolut organismenfreien Zustande dauernd zu erhalten.[1]) Während der ganzen Dauer des Versuches wurden sämtliche Töpfe mit ausgekochtem Brunnenwasser begossen.

Es wurden zuerst drei Serien solcher Versuche ausgeführt, jede 6 Töpfe umfassend, von denen zwei mit nicht sterilisierter, zwei mit sterilisierter Erde ohne jeden weiteren Zusatz angefüllt waren, die zwei letzten ebenfalls mit sterilisierter Erde und unter Zusatz von Infektionsstoffen, von denen man *a priori* vermuten konnte, dass sie die mutmasslichen Knöllchenorganismen enthalten. Zu diesen Infektionsstoffen gehörten in erster Linie dieselbe Gartenerde, welche zu den Versuchen diente, und in welcher, wie erwähnt, sämtliche Leguminosen recht zahlreiche Knöllchen entwickelten, dann Teile des zentralen Parenchyms (Bakteroidengewebes) älterer Knöllchen. Zur Infizierung nahm ich etwa 10 g frische Gartenerde, rührte dieselbe in einer grösseren Menge Wasser auf und teilte den „Erdauszug“ zu gleichen Teilen zwischen die beiden zu infizierenden Versuchstöpfe. In der ersten Serie wurde der Erdauszug gleich nach Absatz aller gröberen Teilchen, in der zweiten erst nach vor-

---

[1]) Von zahlreichen Forschern (unter Anderen auch von Frank), welche ähnliche Versuche anstellten, wird die Sache so dargestellt, als wenn durch ein einmaliges Sterilisieren des Bodens derselbe auf die Dauer von sämtlichen niederen Organismen befreit werden könnte. Thatsächlich ist dies nicht der Fall. Was man durch das Sterilisieren des Bodens erreicht und erreichen kann, beschränkt sich bloss darauf, dass man die nur im Boden, nicht aber die in der Luft verbreiteten Organismen auf die Dauer entfernt. Letztere stellen sich als zufällige Verunreinigungen, eher oder später, in der Kultur immer ein.

herigem Filtrieren verwendet. Durch Filtrieren des Erdauszuges beabsichtigte ich vor Allem, über die Grösse der infizierenden Keime annähernd Aufschluss zu erlangen. In der dritten Serie endlich wurden die beiden Versuchstöpfe mit in destilliertem Wasser zerriebenen Bakteroidengewebe, das aus älteren und unbeschädigten Knöllchen unter entsprechenden Vorsichtsmassregeln herausgeschnitten würde, infiziert. In sämtlichen drei Versuchsserien erfolgte die Infizierung gleich nach dem Legen der Samen.

Der Versuch begann am 10. August 1885 und endete am 14. September. Die Pflanzen (Erbsen) hatten bei der Ernte 4 bis 6 vollständig entwickelte Blätter bei einer Stengelhöhe von 45 cm im Durchschnitt. Es zeigte sich, dass in sämtlichen Töpfen, welche in sterilisierter und nicht infizierter Erde gewachsen waren, die Wurzeln nicht eine Spur von Knöllchen entwickelten, dagegen hatten sich bei allen übrigen Pflanzen wiewohl in der Zahl und Ausbildung wechselnd, ohne Ausnahme Knöllchen eingefunden. Die grösste Anzahl (an einigen Individuen bis über 60) fand sich natürlich an den in gewöhnlicher, nicht sterilisierter Erde gewachsenen Pflanzen, verhältnismässig wenige (an einigen Individuen kaum 1—2, an anderen bis zu 20) Knöllchen haben die Pflanzen aus sterilisierter und mit filtriertem Erdauszug infizierter Erde entwickelt; in der Mitte standen diejenigen Pflanzen, welche mit unfiltriertem Erdauszug oder mit zerriebenem Bakteroidengewebe infiziert waren. Diese letzteren Pflanzen zählten je 20—30 Knöllchen, von denen einige bis 4 mm im Durchmesser hatten und Anfänge der Gabelung zeigten.

Ein gleiches Resultat erhielt ich bei den Versuchen mit *Phaseolus vulgaris,* welche in ähnlicher Weise ausgeführt waren, bloss mit dem Unterschiede, dass sie nur zwei Reihen, jede mit drei Töpfen umfassten. Zur Infizierung der ersten Reihe diente ein unfiltrierter Erdauszug, in der zweiten Reihe zerriebenes Bakteroidengewebe.

Aus diesen Versuchen konnte schon mit grosser Wahrscheinlichkeit geschlossen werden, dass die Wurzelknöllchen durch besondere Organismen, welche die Knöllchen bewohnen und deren Keime auch im Boden vorkommen müssen, hervorgerufen werden. Um jedoch in dieser Beziehung vollständige Sicherheit zu erlangen, führte ich noch in demselben Jahre eine

zweite Reihe von Versuchen aus, zu denen statt Gartenerde grobkörniger Flusssand von 1—2 mm Durchmesser verwendet wurde. Der Sand war zuerst durch mehrmaliges Schlämmen von allen feineren Beimengungen befreit, dann getrocknet, schliesslich durch Siebe von 1 mm Maschenweite gesäet. Vor dem Sterilisieren wurde er mit so viel Wasser begossen, dass er nach dem Herausnehmen der Töpfe aus dem Ofen noch gut durchfeuchtet war. Zur Aussaat dienten wieder Erbsensamen und zur Infizierung dieselben Materialien, wie in der ersten Versuchsreihe.

Auch diese Versuche ergaben ein gleiches Resultat, bloss mit dem Unterschiede, dass im nicht sterilisierten Sande nur ganz spärliche Knöllchen zum Vorschein kamen; an einigen Pflanzen waren kaum 1—2, an anderen zwar mehrere, an einigen aber überhaupt gar keine Knöllchen zu finden.

Da in diesen letzteren Versuchen die Pflanzen infolge der späten Jahreszeit (der Versuch begann am 16. Oktober und endete am 28. November) ausgesprochene Etiolierungserscheinungen zeigten, und trotzdem an ihren Wurzeln zahlreiche und gut ausgebildete Knöllchen entwickelten, so hat mich diese Beobachtung dazu bewogen, eine neue Reihe von Versuchen anzustellen, deren Zweck es war, Aufklärung darüber zu erlangen, inwieweit die Bildung der Knöllchen von der Assimilationsthätigkeit der Pflanzen abhängig sei. SCHINDLER [1]) glaubte nämlich aus seinen Versuchen und Beobachtungen den Schluss ziehen zu dürfen, dass die Bildung der Knöllchen in direkter Beziehung zu der assimilatorischen Thätigkeit der Pflanzen stehe.

Die betreffenden Versuche führte ich im März 1886 aus. Vier gewöhnliche Blumentöpfe wurden mit Gartenerde gefüllt und in einen jeden je 6 Erbsensamen ausgelegt; zwei von den Töpfen sind im Lichte, zwei andere in einem dunklen Raume aufgestellt worden. Nach 4 Wochen wurden die Pflanzen geerntet und deren Wurzeln einer Durchmusterung unterzogen. An sämtlichen, sowohl an den im Lichte, wie an den in der Dunkelheit gewachsenen Pflanzen fand ich recht zahlreiche Wurzelknöllchen, nur waren die Knöllchen der im Dunkeln gehaltenen Pflanzen ein wenig kleiner.

---

[1]) Bot. Centralblatt. Bd. XVIII, 1888, p. 86 ff. und Journ. f. Landwirtsch. XXXIII, 1885 p. 330.

Ähnliche Versuche wurden auch später (vom April bis Juni 1888) mit Erbse und Fisole angestellt, immer mit demselben Erfolge. In demselben Jahre wiederholte ich die Versuche mit Sandkulturen, indem ich in dieselben einige Abänderungen einführte. So wurde z. B. der Sand bald auf feuchtem, bald auf trockenem Wege sterilisiert, und die mit sterilisiertem, aber nicht infiziertem Sande gefüllten Töpfe wurden bald mit gewöhnlichem, nicht gekochten Brunnenwasser, bald mit Flusswasser begossen. Durch diese Abänderungen beabsichtigte ich zu erfahren, ob die Art des Sterilisierens beim Sande ähnlich, wie bei der Gartenerde, von Einfluss auf das Erscheinen oder Nichterscheinen der Knöllchen ist, und weiter, ob die infizierenden Keime bloss im Boden, oder auch in den irdischen Gewässern vorkommen. Die Resultate, die ich dabei erhielt, stimmten vollständig mit den früheren überein. Ohne Rücksicht auf das Sterilisierungsverfahren selbst kamen in dem Sande überall da Knöllchen zur Entwickelung, wo der sterilisierte Sand mit einem der oben erwähnten Infektionsstoffe beschickt war; sie blieben aus in dem sterilisierten und nicht infizierten Sande. In denjenigen Fällen, in denen der Sand mit ungekochtem Brunnen- oder Flusswasser begossen wurde, kamen die Knöllchen immer zum Vorschein, wenn auch in sehr spärlicher Anzahl und nicht bei allen Pflanzen. Es war augenscheinlich, dass die infizierenden Organismen auch in den Gewässern, wenn auch in geringerer Verbreitung, wie in einem Kulturboden, vorkommen müssen.

Nicht unerwähnt möchte ich lassen, dass ich übereinstimmende Resultate nur dann erhielt, wenn die Versuchstöpfe in einem Zimmer aufgestellt wurden, in welchem weder die Fenster geöffnet, noch mikroskopische Untersuchungen mit frischem Knöllchenmaterial vorgenommen wurden. In einem Falle, in welchem diese Vorsichtsmassregeln nicht beobachtet wurden, fanden sich Knöllchen auch in den nicht infizierten Kulturen ein. Dieses widersprechende Resultat konnte jedoch den Glauben an die Richtigkeit der früher erlangten Resultate nicht im mindesten alterieren, denn es war klar, dass hier eine zufällige Infektion stattgefunden hat; auch haben die nächsten, mit den nötigen Kautelen vorgenommenen Versuche diesen Schluss vollständig gerechtfertigt.

Aus diesen sämtlichen Versuchen ergab sich mit aller Genauigkeit und vollständiger Sicherheit, dass die Bildung der Wurzelknöllchen nicht an irgend welche besondere physikalische oder chemische Eigenschaften des Bodens gebunden ist, sondern einzig und allein von der Gegenwart bestimmter Infektionskeime abhängt. Schon in den Versuchen mit Gartenerde wäre es kaum verständlich, weshalb durch Zusatz einer geringen Menge wässerigen Erdauszuges, namentlich, nachdem derselbe filtriert wurde, und desto mehr durch Zusatz einer geringen Menge Knöllchensubstanz, der Boden seine früheren physikalischen und chemischen Eigenschaften wieder erlangen sollte, und insbesondere diejenigen, die zur Knöllchenbildung in Beziehung stehen sollten. Aber zugegeben, dass dies dennoch der Fall ist, so wäre es ganz unbegreiflich, weshalb die Knöllchen im reinen, grobkörnigen Sande, welchem doch gewiss die physikalischen und chemischen Eigenschaften eines Kulturbodens abgehen, gebildet werden, wenn wir zu dem Sande eine kleine Menge Erdauszuges, oder zerriebener Knöllchensubstanz zusetzen, oder endlich denselben, statt mit gekochtem, mit gewöhnlichem Brunnen- oder Flusswasser begiessen.

Alle diese Erscheinungen finden dagegen ihre einfache und natürliche Erklärung, wenn wir annehmen, dass in nicht sterilisierter Gartenerde, resp. in nicht sterilisiertem Sande sich Keime von bestimmten Organismen befinden, welche die Wurzeln infizieren, und dass die nämlichen Keime auch in den zur Infizierung der sterilisierten Erde, resp. Sandes verwendeten Materialien vorhanden waren. Ich meine deshalb, dass selbst dann, wenn wir keine anderen Beweise für die infektiöse Natur der Wurzelknöllchen hätten, die Ergebnisse vorstehender Versuche vollkommen ausreichend wären, um den Gedanken an andere Ursachen der Entstehung der Wurzelknöllchen vollständig auszuschliessen.

Gegenüber diesem Sachverhalt müssen sämtliche Einwände, welche von Tschirch, Frank u. A. gegen die infektiöse Natur der Knöllchen erhoben wurden, zu Boden fallen.

Aus den vorstehenden Versuchen ergiebt sich weiter, dass es zur Ausbildung der Knöllchen weder einer gewissen „Erstarkung“ der Pflanze, wie dies von Frank[1]) behauptet wurde,

---

[1]) Frank B., Untersuchungen über die Ernährung der Pflanze mit Stickstoff. Landw. Jahrbücher. Bd. XVII, 1888, p. 496.

noch, wie Andere wollten, einer ausgiebigeren assimilatorischen Thätigkeit der Pflanze, bedarf. In sämtlichen meinen Versuchen wurden die Pflanzen in 4 bis 6 Wochen nach der Aussaat geerntet, also in der Regel kurz nach Beendigung der Keimungsperiode, öfters schon zu einer Zeit, da die Kotyledonen noch nicht völlig erschöpft waren, und trotzdem fanden sich überall da, wo die Bedingungen dazu gegeben waren, recht zahlreiche Knöllchen ein. Dass insbesondere die Bildung der Knöllchen in keiner Beziehung zu der Assimilation der Pflanzen steht, dies beweisen die Versuche mit in Dunkelheit gewachsenen Pflanzen, welche, trotzdem hier die Bedingungen der Assimilation vollständig fehlten, dennoch fast ebenso zahlreiche Knöllchen entwickelten, wie Lichtpflanzen. Wir werden alsbald sehen, dass die Bildung der Knöllchen nur an jugendlichen Wurzeln stattfindet und dass ältere, „erstarkte“ Wurzelteile nicht mehr fähig sind, Knöllchen hervorzubringen.

Bevor ich jedoch an die Beschreibung der diesbezüglichen Versuche herantrete, erachte ich es für nützlich, an dieser Stelle eine Bemerkung über die näheren Bedingungen der Wurzelknöllchen-Entstehung einzuschalten. Schon früher wurde hervorgehoben (p. 185), dass die Art der Sterilisierung der Gartenerde nicht ohne Einfluss auf die Bildung der Knöllchen sei. Wird der humushaltige Boden geglüht oder in einem nicht genügend durchfeuchteten Zustande höheren Temperaturen ausgesetzt, so dass der Humus teilweise verkohlt, so bleibt die Bildung der Knöllchen, selbst nach Zusatz entsprechender Infektionsstoffe, entweder vollständig aus, oder es bilden sich nur ganz vereinzelte, winzige Knöllchen. Aber dann sehen wir, dass die Pflanzen in einem solchen Boden sichtbar kränkeln und ihre Wurzeln bräunlich gefärbt, schwach entwickelt und gegen die Spitzen meistenteils vertrocknet und abgestorben sind. Dies beweist aber, dass die Bildung der Knöllchen an eine normale und gesunde Entwickelung der Wurzeln gebunden ist. In der That zeigen krankhafte und überhaupt nicht normal entwickelte Wurzeln, welches immer die Ursache dieses Zustandes sein mag, eine ausgesprochene Indisposition, Knöllchen auszubilden. Wird die Wurzel durch Insekten u. dgl. beschädigt oder mechanisch verletzt, so bildet sie selbst in einem Boden, in dem gesunde Wurzeln eine Unmasse von Knöllchen produzieren, entweder in ihrer ganzen Länge, oder wenigstens an den beschädigten Teilen,

keine Knöllchen aus. Schon BENECKE[1]) hat gefunden, dass, wenn man von der Wurzelspitze die eine Hälfte wegschneidet, „so treten die Wurzelknöllchen nie früher auf, als bis die normale Gestaltung der Wurzel sich vollzogen hat, und zwar alsdann in demjenigen Teil, der keine Spur der Verletzung mehr zeigt.“ In diesem Sinne, *aber auch nur in diesem Sinne*, könnte man von der Knöllchenbildung als von einer *normalen* Erscheinung der Lebensthätigkeit der Wurzeln sprechen.

Die Frage, ob die Wurzeln während ihres ganzen Lebens oder bloss in einem bestimmten Entwicklungsstadium auf Knöllchen infiziert werden können, suchte ich durch folgenden Versuch klarzustellen. Vier Töpfe von der Form, wie die zu den oben beschriebenen Versuchen benutzten, wurden mit Sand gefüllt, und nach Sterilisierung mit je 6 Erbsensamen beschickt. Nach drei Wochen wurden zwei von den Töpfen mit wässerigem Gartenerdeauszug, und nach einer weiteren Woche die zwei übrigen mit zerriebenen Bakteroidengewebe infiziert. Die Pflanzen wurden noch drei Wochen in den Töpfen gelassen und dann geerntet. Bei Durchmusterung ihrer Wurzeln zeigte sich, dass sämtliche ältere Wurzelteile, welche zur Zeit der erfolgten Infektion schon ausgewachsen waren, knöllchenfrei blieben. Beinahe sämtliche Knöllchen haben sich an den Seitenwurzeln zweiter und dritter Ordnung gebildet. An der Hauptwurzel haben nur zwei Pflanzen je ein Knöllchen gebildet, und zwar in einer Entfernung von 10 und 13 cm, von der Ansatzstelle der Kotyledonen an gerechnet. Dagegen sind an einigen Adventivwurzeln, die sich aus dem epikotylen Stengelglied entwickelt haben, Knöllchen zum Vorschein gekommen. Aus diesem Ergebnis darf geschlossen werden, *dass die Wurzeln bloss im jugendlichen Zustande, so lange ihre Gewebe noch teilungs- und wachstumsfähig sind, Knöllchen hervorbringen können.* Spätere Versuche haben diesen Schluss vollkommen gerechtfertigt. Im Anschluss an dieses Ergebnis darf ich noch hinzufügen, dass ich schon an zehn Tage alten Keimlingen, welche noch nicht ihr erstes Blatt entwickelt haben, bei mikroskopischer Untersuchung der Wurzeln Anfänge der Knöllchenbildung in der Tiefe der Wurzelrinde vorfand.

---

[1]) BENECKE F., Über die Knöllchen der Leguminosenwurzeln. Bot. Centralbl. Bd. XXIX, 1887, p. 53.

Sämtliche im vorigen beschriebenen Versuche liessen zwar keinen Zweifel darüber aufkommen, dass die Wurzelknöllchen unter Einwirkung von niederen Organismen entstehen, aber sie gaben noch keinen Aufschluss über die Natur dieser Organismen. Nur eines konnte aus diesen Versuchen mit Sicherheit geschlossen werden, dass die betreffenden Knöllchenorganismen nicht zu den gewöhnlichen Schimmelpilzen und Bakterien gehören, deren Keime allverbreitet sind, denn ich konnte, wie schon oben hervorgehoben wurde, ihre Gegenwart selbst in sterilisierten und mit ausgekochtem Wasser begossenen Kulturen nachweisen, und trotzdem kamen hier die Knöllchen nicht zur Ausbildung. Es war augenscheinlich, dass die Knöllchen nur unter dem Einfluss von spezifischen Organismen, voraussichtlich derjenigen, welche in den Knöllchen unter der besonderen Form von „Pilzfäden“ oder „Bakteroiden“ vorkommen, gebildet werden.

Am nächsten lag die Annahme, dass die Knöllchen durch bestimmte Bakterien hervorgebracht werden. Dafür sprach nicht nur der Umstand, dass die Knöllchen in der Natur allgemein verbreitet sind, sondern auch, was viel wichtiger erscheint, das in den Knöllchen sämtlicher Pflanzen konstante Vorkommen von „Bakteroiden“, die in mancher Beziehung echten Bakterien sehr nahe kommen und auch von einigen Forschern für Bakterien gehalten wurden. Diese Annahme fand auch eine gewisse Stütze in meinen Versuchen, welche dargethan haben, dass durch Filtrieren des Erdauszugs seine infizierenden Eigenschaften nicht vollständig verloren gehen, woraus geschlossen werden musste, dass die infizierenden Keime durch das Filter hindurchgehen, demnach nicht viel grösser, als Bakterien, sein müssen.

In dieser Annahme wurde ich noch mehr durch eine Beobachtung gestärkt, die ich gleich zu Anfang dieser Untersuchungen machte. Ich fand nämlich bei mikroskopischer Untersuchung der Knöllchen von *Phaseolus vulgaris*, dass mehrere von den aus den Zellen herausgetretenen „Bakteroiden“ in lebhafter Bewegung, wie echte Bakterien, schwärmten. Auch sah ich in einer Kultur in der feuchten Kammer, zu welcher verdünnter Urin als Nährflüssigkeit diente, die isolierten Bakteroidenstäbchen sich in Kolonien vereinigen, gerade so, wie es echte Bakterien thun (Taf. I, Fig. 11).

Alle diese Erwägungen und Beobachtungen bestimmten mich, Züchtungsversuche mit Bakteroiden vorzunehmen. Es lag auf der Hand, dass, wenn es gelingen würde, aus den Knöllchen Bakterien heranzuzüchten, und wenn diese letzteren in sterilisierten Medien Knöllchen von Neuem hervorbrächten, dadurch die ganze Frage nach dem Ursprunge der Knöllchen endgültig gelöst würde.

Anfänglich gebrauchte ich zu diesen Kulturversuchen Fleischwasserpeptongelatine, verdünnten Urin, Lösungen von Bouillon, von Liebig'schem Fleischextrakt u. dgl., später, nachdem diese Nährböden sich als ungeeignet erwiesen, Zuckerlösungen mit Zusatz von Mineralsalzen, Mistdekokt in verschiedenen Konzentrationen, schliesslich einen Dekokt aus derselben humusreichen Gartenerde, in welcher die Knöllchen sich so reichlich bildeten. Die Resultate, die ich bei Anwendung dieser letzteren Nährflüssigkeiten enthielt, sind sehr widersprechend ausgefallen. In Zuckerlösung und in Gartenerdekokt erhielt ich zwar Vegetationen von frei beweglichen Bakterien, allein gleichzeitig zur Kontrole angestellte Kulturen in der feuchten Kammer, zu denen dieselben Nährlösungen und Bakterien aus denselben Knöllchen verwendet wurden, ergaben ein negatives Resultat. Da spätere Aussaaten in dieselben Nährlösungen stets erfolglos blieben, so musste ich schliessen, dass die in den erstgenannten Kulturen erschienenen Bakterienvegetationen entweder durch zufällige Verunreinigungen, oder durch von aussen in die Knöllchen eingedrungene Bakterien hervorgerufen waren. In ähnlicher Weise erklärte ich mir, dass die früher beobachteten „schwärmenden Bakteroiden" der Phaseolusknöllchen keine Bakteroiden, sondern von aussen in die Knöllchen eingedrungene Bakterien waren.

In dieser Meinung wurde ich noch mehr befestigt, als gleichzeitig vorgenommene Untersuchungen über die Entwickelungsgeschichte der Knöllchen dargethan haben, dass die infizierenden Knöllchenorganismen in Form von mit Membranen umhüllten „Schläuchen" oder „Hyphen" in die Wurzel eindringen. Zwar habe ich mich alsbald überzeugt, dass die genannten Schläuche, bezw. Hyphen, mit Unmassen äusserst kleiner und Bakterien ähnlichen Körperchen erfüllt sind, welche in den entwickelten Knöllchen zu „Bakteroiden" werden, allein dieser Umstand schien eher *gegen* als *für* die Annahme zu sprechen,

dass Bakteroiden selbständige Organismen sind. Da ich schliesslich gefunden habe, dass unter gewissen Umständen die Bakteroidenmassen der Knöllchenzellen durch Sprossungen in kugelige und gewöhnlichen Pilzsporen vollkommen ähnliche Bildungen zerfallen, so glaubte ich nicht mehr daran zweifeln zu dürfen, dass die Knöllchen durch einen besonderen und seinen Charakteren nach eigentümlichen „Pilz" hervorgebracht werden. In diesem Sinne habe ich auch im vorigen Jahre die Resultate meiner Untersuchungen zuerst auf der V. Versammlung polnischer Naturforscher und Ärzte, dann auch im „Botanischen Centralblatt"[1]) zur Darstellung gebracht. In Bezug auf die verwandtschaftlichen Beziehungen dieses „Pilzes" konnte ich damals zu keinem definitiven Urteil gelangen, da ich weder die vermeintlichen „Sporen" des Knöllchenpilzes zur Keimung zu bringen, noch die Rolle der Bakteroiden aufzuklären vermochte. Was diese letzteren anlangt, so vermutete ich bloss, dass dieselben wahrscheinlich zur Vermehrung des „Pilzes" und Bildung der Wurzelknöllchen in Beziehung stehen.

Inzwischen ist es Beyerinck gelungen, aus den Knöllchen zahlreicher Leguminosenpflanzen Bakterien heranzuzüchten, welche in ihren Charakteren ziemlich mit einander übereinstimmten, und es war naheliegend, dass die gezüchteten Bakterien die wahren Urheber der Knöllchenbildung sind. Ich sage, es war naheliegend, denn Beyerinck hat es unterlassen, durch entsprechende Versuche, den Beweis dafür zu erbringen. Er selbst scheint in dieser Beziehung gewisse Zweifel gehabt zu haben, denn er legt sich unter Anderen die Frage vor, ob nicht „vielleicht die Bakteroiden aus den Mikrosomen des Cytoplasmas entstehen können?"[2])

Es liegt mir fern, die Verdienste Beyerinck's um die Aufklärung der Sache dadurch schmälern zu wollen, ich hebe dies bloss hervor, um zu zeigen, dass aus den Untersuchungen Beyerinck's noch kein sicherer Schluss auf die wahre Natur der Wurzelknöllchen gezogen werden konnte. Es war die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass die von Beyerinck aus den Knöllchen gezüchteten Bakterien von aussen nachträglich eingedrungen waren und in keiner Beziehung zur Entstehung der Knöllchen stehen.

---

[1]) Über die Wurzelknöllchen der Leguminosen. Bot. Centralbl. Bd. XXXVI, Nr. 46—48, 1888.

[2]) L. c. p. 783.

Aus diesem Grunde nahm ich, nachdem mir die Arbeit Beyerinck's bekannt wurde, Züchtungsversuche mit Bakteroiden von Neuem vor. Indem ich dieselben Nährböden benützte und auch im übrigen das von diesem Forscher angewendete Verfahren befolgte, erhielt ich, zuerst aus den Knöllchen der Erbse, Bakterienvegetationen, welche mit den von Beyerinck beschriebenen vollkommen übereinstimmten. Nach einigen fehlgeschlagenen Versuchen gelang es mir schliesslich, auch die Entwickelung der Knöllchenbakteroiden direkt unter dem Mikroskop zu verfolgen. Ich konnte mich überzeugen, dass die Bakteroiden, insoweit sie überhaupt vermehrungsfähig sind, die nämlichen Bakterienstäbchen abgliedern, welche in den Kolonien auf Nährgelatine erscheinen, wenn man letztere mit dem Inhalte der Bakteroidenzellen junger Knöllchen impft, und durch Übertragung der in Tropfenkultur gezüchteten Bakterien auf Nährgelatine, erhielt ich wieder die nämlichen, charakteristischen Kolonien.

Nachdem ich mich auf diese Weise überzeugt habe, dass die in künstlicher Kultur erhaltenen Bakterien wirklich von den Bakteroiden der Knöllchen abstammen, blieb noch zu untersuchen, ob die gezüchteten Bakterien auch das Vermögen besitzen, an den Wurzeln Knöllchen hervorzubringen. Zu diesem Behufe wurde eine Reihe von successiven Kulturen angestellt, die ich mit den Nummern 1—12 bezeichne. Die Kultur No. 1 wurde durch Übertragung der Bakteroiden aus dem Knöllchen in die Nährflüssigkeit, jede folgende durch Überimpfen aus der nächst älteren Kultur gewonnen. Das Überimpfen geschah in der Regel nach jeden 6 Tagen, von der Aufstellung der Kultur an gerechnet, denn nach dieser Zeit waren die Kulturen meistenteils so weit in der Entwickelung vorgeschritten, dass schon aus dem Äusseren der Bakterien-Vegetation auf ihre Reinheit geschlossen werden konnte. Um Fehlerquellen möglichst zu vermeiden, wurden für jede Nummer gleichzeitig 4 Kulturen angestellt und von Zeit zu Zeit die Reinheit dieser Kulturen durch Überimpfen auf Nährgelatine kontroliert. Da es darauf ankam, dass der ursprünglich verwendete Infektionsstoff in den späteren Kulturen vollständig eliminiert wäre, so wurde jedesmal von der älteren in die neue Kultur „eine minimale Menge" von Bakterien übertragen, nämlich so viel, als deren an einer in die Bakterienvegetation hineingetauchten

Platindrahtspitze hängen blieben. Auf diese Weise konnte ich sicher sein, dass von den zur ersten Impfung verwendeten Bakteroiden des Knöllchens in die späteren Kulturen nichts hineingelangte. In dem Masse, als die Kulturen sich entwickelten, wurden dieselben zur Infektion der Pflanzen verwendet. Zu diesem Behufe wurden jedesmal 2 Töpfe mit Sand gefüllt und nach Sterilisierung in jeden je 5 Erbsensamen ausgelegt, dann der eine mit der entsprechenden Bakterienkultur begossen, der andere als Kontroltopf ohne Infektion gelassen. Im Ganzen habe ich 5 Serien solcher Versuche ausgeführt, zu denen die Bakterienkulturen No. 1, 3, 6, 9 und 12 in Anwendung kamen. Die Pflanzen wurden in der Regel 4 Wochen nach der Aussaat geerntet und ihre Wurzeln auf die Gegenwart von Knöllchen untersucht. Sämtliche mit Bakterienkulturen infizierte Pflanzen haben sehr zahlreiche Knöllchen entwickelt; an einigen Individuen konnten deren über 100 gezählt werden. Ein Unterschied in der Anzahl und Ausbildung der Knöllchen zwischen den mit Bakterien verschiedenen Alters infizierten Pflanzen konnte nicht konstatiert werden; es haben sich demnach sämtliche Bakterienkulturen als gleich wirksam erwiesen. In den Kontroltöpfen fand ich nur einmal 3 Pflanzen mit etlichen Knöllchen an den Wurzeln; es war evident, dass hier eine zufällige Infektion stattgefunden hat.

Parallel mit diesen Versuchen führte ich noch andere aus, in denen die Pflanzen erst 2 bis 3 Wochen nach dem Aufgang der Samen infiziert wurden. Sie ergaben ein gleiches Resultat, wie korrespondierende ältere Versuche, in denen zur Infizierung bald wässeriger Erdauszug, bald zerriebenes Bakteroidengewebe der Knöllchen dienten, indem sich Knöllchen nur an den jüngeren Wurzelteilen ausbildeten, ältere dagegen davon frei waren.

Durch diese Versuche wurden demnach die Resultate meiner früheren Untersuchungen, sowie die aus denselben gezogenen Schlüsse, sowohl inbezug auf die infektiöse Natur der Wurzelknöllchen, als auch auf die Zeit ihrer Entstehung an den Wurzeln, vollkommen bestätigt.[1]) Sie bewiesen gleichzeitig

---

[1]) Ich fasste die Resultate meiner früheren Untersuchungen, wie folgt, zusammen: „Die übereinstimmenden Resultate dieser sämtlichen Versuche stellen es ausser Zweifel, dass die Wurzelknöllchen nicht in die Organisation der Leguminosenwurzel gehören, sondern durch Vermittlung von

**mit aller Sicherheit, dass es gewisse Bakterien sind, welche die Wurzeln zur Knöllchenbildung veranlassen.**

---

## Die Bakterien der Wurzelknöllchen.

Im vorigen Abschnitte haben wir festgestellt, dass die Wurzelknöllchen durch gewisse Bakterien, welche in den Knöllchen selbst unter der besonderen Form der sogenannten Bakteroiden vorkommen, hervorgebracht werden. Wir wollen nun diese Bakterien und die eigentümlichen Veränderungen, denen sie in den Knöllchen unterliegen, näher ins Auge fassen.

Die Knöllchenbakterien können sehr leicht aus solchen jugendlichen Knöllchen in Reinkulturen erhalten werden, deren inneres Parenchym (Bakteroidengewebe) zwar schon vorgebildet, aber noch nicht die fleischrote Färbung zeigt, die ihm in späteren Entwicklungsstadien des Knöllchens eigen ist. Zu dieser Zeit finden wir im inneren Parenchym des Knöllchens zahlreiche Bakterien in Form von äusserst kleinen, einfachen Stäbchen, welche nach Übertragung in Wasser, oder noch besser, in geeignete Nährlösungen sich in kurzer Zeit beleben und dann lebhaft herumschwärmen (Taf. I, Fig. 1). Neben diesen „echten Bakterien" kommen aber schon jetzt, anscheinlich sogar in überwiegender Mehrzahl, „metamorphosierte Bakterien" oder „Bakteroiden" vor, die nicht mehr die Form eines einfachen Stäbchens zeigen, sondern gabelig verzweigt sind (Taf. I, Fig. 2). Diese Bakteroiden können ebenfalls nach Übertragung in geeignete Nährlösungen zu neuem Leben erwachen und durch Teilungen schwärmende Bakterien abgliedern, aber das Erwachen des Lebens erfolgt bei ihnen viel später, meistenteils erst nach zwanzig und mehr Stunden.

---

gewissen Infektionsorganismen, welche die Knöllchen bewohnen, und deren Keime auch im Boden vorkommen müssen, gebildet werden. Andere Versuche, namentlich diejenigen, bei welchen die Infizierung in späteren Entwickelungsstadien der Pflanzen vorgenommen wurde, haben dargethan, dass die Infektion bloss im jugendlichen Zustande der Wurzel zustande kommt, wahrscheinlich zur Zeit der Entwickelung der Wurzelhaare". (Bot. Centralbl. 1888, Bd. XXXVI No. 46).

In dem Bakteroidengewebe älterer Knöllchen, welches schon die charakteristische fleischrote Färbung zeigt, sind die Zellen mit Unmassen von Bakteroiden erfüllt, dagegen kommen einfache Bakterienstäbchen im Zellinhalte nicht mehr vor. Die Bakteroiden sind aber jetzt in ihrer Vegetationskraft so weit abgeschwächt, dass sie, in Nährlösungen übertragen, sich nicht mehr beleben und wochenlang unverändert erhalten. Allein in den nämlichen Zellen, welche mit Bakteroiden ganz erfüllt zu sein scheinen, findet man neben Bakteroiden auch vermehrungsfähige Bakterien und zwar in Form von einfachen Stäbchen, aber diese letzteren kommen nicht frei im Zellinhalte vor, sondern sind in besonderen und von Membranen umhüllten Schläuchen, die wir „Bakterienschläuche“ nennen wollen, eingeschlossen. Wie diese Bakterienschläuche zustande kommen und welche Bedeutung sie haben, darauf werden wir im nächsten Abschnitt zu sprechen kommen. Freie und vermehrungsfähige Bakterien sind in solchen älteren Knöllchen nur in der Nähe des Vegetationsscheitels zu finden, wo sie in Gemeinschaft mit Bakteroiden im plasmatischen Inhalte der Zellen vorkommen. Infolge dieser Verhältnisse hat es seine Schwierigkeiten, aus älteren Knöllchen Vegetationen von Bakterien heranzuzüchten; man erhält sie jedoch, wenn man das Impfmaterial entweder dem Vegetationsscheitel des Knöllchens entnimmt oder ältere Teile des Bakteroidengewebes gründlich zerreibt.

In alten Knöllchen, deren Bakteroidengewebe nicht mehr die fleischrote, sondern grünlich-graue Färbung zeigt, findet man in den Zellen des inneren Parenchyms weder Bakteroiden noch Zellplasma, dafür aber treten in ihnen entweder freie und dann gewöhnlich schwärmende, oder, was häufiger der Fall ist, unbewegliche und in den oben erwähnten Schläuchen eingeschlossene Bakterien auf. Aus solchen (entleerten) Knöllchen ist es verhältnismässig sehr leicht, wie schon BEYERINCK[1]) hervorhebt, Bakterien in künstlicher Kultur zu erhalten.

Die Knöllchenbakterien geben sowohl in Nährlösungen, wie auf festem Nährboden, sehr charakteristische Vegetationen. Die von mir benutzten Nährlösungen waren folgende: ein Erbsenblätterdekokt mit Zusatz von 0,5 % Asparagin und 1 % Traubenzucker oder ohne diesen Zusatz, eine Traubenzuckerlösung mit

[1]) l. c. p. 727.

Zusatz von Asparagin und den nötigen Mineralsalzen, schliesslich eine Traubenzuckerlösung mit Mineralsalzen allein und ohne Asparagin (stickstofffreie Nährlösung).[1]) Als fester Nährboden diente mir eine nach der Vorschrift Beyerinck's aus Erbsenblätterdekokt zubereitete Nährgelatine (Zusatz von 7 % Gelatine, ¼ % Asparagin und Traubenzucker zum Erbsenblätterdekokt und nachherige Neutralisation mit doppelt-kohlensaurem Natron bis zur schwachsauren Reaktion).

Auf Nährgelatine erscheinen die Bakterienkolonien je nach der Vegetationskraft der zur Impfung verwendeten Bakterien zuweilen schon am zweiten, öfters jedoch erst am fünften oder sechsten Tage nach erfolgter Infektion, und zwar in Form von kleinen, weisslichen Punkten. In den nächstfolgenden Tagen wachsen die Kolonien langsam, aber sichtbar heran und nehmen die Gestalt von sphärischen oder länglich ovalen, milchweissen und perlmutterartig glänzenden Tropfen an, die in die Gelatine nicht eingesenkt, sondern erhaben sind, und, namentlich in Impfstrichen, erstarrten Stearintropfen ähnlich sehen. Nach 10—14 Tagen erlangen die Kolonien ihre definitive Grösse und zeigen beim längeren Aufbewahren keine weiteren Veränderungen, ausgenommen, dass sie ihre milchweise Farbe und ihren Glanz wenigstens zum Teil verlieren und ein mehr mattes, wässeriges Aussehen bekommen.

In den Nährlösungen werden die ersten Anfänge der Bakterienvegetation gewöhnlich am dritten oder vierten Tage nach erfolgter Infektion durch eine leichte Trübung der Flüssigkeit bemerkbar. Bei sorgfältiger Beobachtung kann man schon einen Tag vorher an der Oberfläche der Flüssigkeit zerstreute äusserst subtile und schwach irisierende Häutchen bemerken, die in den folgenden Tagen sich vergrössern, auch wohl zu einem kontinuierlichen Häutchen zusammenfliessen, aber immer sehr subtil bleiben und deshalb der Beobachtung leicht entgehen. Selbst in abgestorbenen Kulturen werden solche Häutchen oftmals gefunden, aber immer sind sie sehr subtil, und nie wachsen sie zu eigentlichen Häuten (Decken) heran, welche andere Bakterien

---

[1]) Die Zuckerlösungen hatten folgende Zusammensetzung pro Mille: Traubenzucker 1—2 gr, saures phosphorsaures Kali 1 gr, schwefelsaure Magnesia 1 gr, Asparagin 0—1 gr, schwefelsaures Kalcium 0—1 gr. Chlorkalk 0,01 gr.

an der Oberfläche der Flüssigkeiten so häufig bilden. Nach diesen ersten Anzeichen der beginnenden Vegetation geht die weitere Entwickelung der Bakterien rasch von statten, die Nährflüssigkeit trübt sich mehr und mehr, bis sie am fünften oder sechsten Tag molkenartig bis milchig wird. Einige Tage später beginnt die Vegetation abzusterben, die Flüssigkeit klärt sich zuerst in den obersten Schichten auf und gleichzeitig sammelt sich ein reichlicher, flockiger Niedersatz am Boden des Gefässes an.

Zu Beginn der Vegetation findet man sowohl in den Kolonien auf Nährgelatine, wie in Nährflüssigkeiten, äusserst kleine einfache und lebhaft bewegliche Stäbchen, die, nachdem sie zur Ruhe gekommen sind, sich gewöhnlich senkrecht oder schief zur Ebene des Gesichtsfeldes stellen und dann kleinen, glänzenden „Sporenkügelchen" ähnlich sind. In älteren Kulturen, die auf der Höhe ihrer Entwickelung stehen, kommen neben den erwähnten äusserst kleinen, auch grössere Stäbchen von etwa 2 bis 3 Mikromm. Länge und 0,2 Mikromm. Breite vor, die ebenfalls frei herumschwärmen und öfters zu zweien, seltener zu 3 oder 4 in kurze Ketten mit einander verbunden sind. Längere Ketten oder gar Fäden werden bei dieser Bakterie nie angetroffen. Gegen Ende der Vegetation werden die Stäbchen wieder kleiner, verlieren ihre Schwärmfähigkeit und vereinigen sich zu unregelmässigen und sehr dichten Kolonien, welche, wie BEYERINCK treffend bemerkt, „käsig" mit einander zusammenhangen. In diesen Kolonien sind die Stäbchen so dicht an einander gelagert, dass man selbst bei Anwendung der stärksten Vergrösserungen den Eindruck erhält, als wäre die ganze Kolonie bloss eine unförmliche, feinkörnige Masse. Namentlich ältere Kolonien auf Nährgelatine bestehen der Hauptsache nach aus solchen käsig zusammenhängenden und feinkörnigen Massen. Doch finden sich selbst in sehr alten Kulturen, sowohl in Nährflüssigkeiten, wie auf Nährgelatine, in grösserer Menge auch isolierte, einfache Stäbchen, und diese letzteren können Wochen, ja Monate lang ihre Schwärmfähigkeit bewahren.

Eine Sporenbildung habe ich ebenso wenig, wie BEYERINCK bei den Knöllchenbakterien beobachten können. Bei unmittelbarer Beobachtung in der feuchten Kammer fand ich, dass die Bakterien gegen Abschluss ihrer Entwickelung in winzige Stäbchen zerfallen, sich dann zu den erwähnten, dichten und

feinkörnigen Kolonien vereinigen und in diesem Zustande wochenlang sich unverändert erhalten. Nur einige isoliert auftretende Stäbchen schienen mit der Zeit einen stärkeren Glanz anzunehmen, ohne jedoch ihre ursprüngliche Stäbchenform wesentlich zu verändern. Ich muss an der Fähigkeit der Knöllchenbakterien, wenigstens unter den gewöhnlichen Kulturbedingungen Sporen auszubilden, um so mehr zweifeln, als mich entsprechende Versuche lehrten, dass selbst sehr alte Kulturen sich gegen höhere Temperaturen nicht resistent genug erweisen. Sie sterben bei 75° C. gewöhnlich schon nach 3 bis 5 Minuten ab.

Ähnliche Merkmale, wie die Knöllchenbakterien der Erbse, zeigten auch die übrigen von mir aus den Knöllchen der Lupine, Wicke und Fisole gezüchteten Bakterien. Die Lupinenbakterien aus den Knöllchen der weissen, schmalblätterigen Lupine entwickelten sich auf Erbsenblätterdekoktgelatine äusserst langsam, so dass ihre Kolonien nach 2 Wochen kaum die Grösse eines Mohnsamens erlangten; auch waren die Kolonien nicht rein milchweiss, sondern mehr silberglänzend. Die *Phaseolus*-Bakterien zeigen eine ausgesprochene Neigung zur Bildung von Kolonien, die nach Art der „Zooglaeen“ anderer Bakterien von einer zarten Gallerthülle umgeben sind. (Taf. I, Fig. 11). Solche von Gallerthüllen umgebene Kolonien sind in den älteren Knöllchen von *Phaseolus vulgaris* eine sehr häufige Erscheinung; manche Zellen des Bakteroidengewebes scheinen ausschliesslich mit diesen Kolonien erfüllt zu sein.

Auf Grund dieser sämtlichen Merkmale, die wir oben kennen gelernt haben, sind die Knöllchenbakterien wohl in die Gattung *Bacterium* zu stellen. Die Bezeichnung *Bacillus* welche ihnen von Beyerinck beigelegt wird, finde ich unzutreffend, denn sie treten weder in Form von längeren Stäbchen (Bacillen) auf, noch wachsen sie zu längeren und mit einander verflochtenen Fäden aus, noch bilden sie Sporen nach Art der echten *Bacillus*-Arten. Dagegen sind sie durch die Form ihrer kurzen Stäbchen, welche meistenteils isoliert oder zu 2—4 mit einander verbunden vorkommen, durch die Art der Lagerung ihrer Stäbchen in den Kolonien und, wenn man will, durch den Mangel einer Sporenbildung, am meisten der Gattung *Bacterium* genähert.[1]) Ich schlage deshalb vor,

[1]) Siehe in dieser Beziehung: de Bary, Vorlesungen über Bakterien. Leipzig 1885, und Hüppe: Die Formen der Bakterien und ihre Beziehungen zu den Gattungen und Arten. Wiesbaden 1886.

sie bis auf weiteres *Bacterium Radicicola* BEYERINCK zu bezeichnen.

BEYERINCK giebt an, dass er in älteren Kulturen von *Bacterium Radicicola* zahlreicher Leguminosenpflanzen und insbesondere auch in den aus den Knöllchen der Erbse herangezüchteten Kulturen, zu wiederholten Malen buckelige und gabelig verzweigte Formen fand, wie solche in den Knöllchen (wenigstens bei der Erbse) als sogenannte „Bakteroiden" regelmässig vorkommen. Ich kann diese Beobachtung BEYERINCK's nicht bestätigen, wenngleich ich gegenwärtig schon über 10 Monate alte Kulturen verfüge. In meinen Kulturen sowohl auf Nährgelatine, wie in Nährflüssigkeiten, haben die Bakterien stets die Form von einfachen Stäbchen beibehalten, und zwar ohne Rücksicht darauf, ob die Kultur jung und mit Nährstoffen reichlich versehen, oder alt und „ausgeschöpft" war. Freilich konnte ich in denjenigen Kulturen, welche durch unmittelbare Infektion aus den Knöllchen gewonnen wurden, hie und da vereinzelte Bakteroiden finden, aber es war augenscheinlich, dass sie aus den Knöllchen herstammten und in der Kultur sich nicht weiter verändert haben. In Kulturen, welche nicht aus den Knöllchen, sondern aus anderen Kulturen infiziert waren, habe ich nach Bakteroiden vergebens gesucht. Ich bin zwar weit davon entfernt, zu behaupten, dass die Bakteroiden ausserhalb der Pflanze nicht entstehen können, aber nach meinen Erfahrungen muss ich dem widersprechen, dass die Bildung der Bakteroiden in den normalen Entwickelungskreis der Bakterien gehört, wie dies BEYERINCK anzunehmen scheint.[1]) Übrigens ist die Beobachtung der Form bei der ausserordentlichen Kleinheit und der grossen Neigung der Knöllchenbakterien, sich in Gruppen zu vereinigen sehr erschwert und Täuschungen kaum zu vermeiden. So habe ich öfters schon in jungen Kulturen, in denen die meisten Stäbchen lebhaft herumschwärmten, Bilder gesehen, welche „verzweigten Bakteroiden" täuschend ähnlich sahen, und welche dadurch zustande kamen, dass etliche von den zur Ruhe gekommenen Stäbchen sich unter einem Winkel aneinanderlegten und in dieser Lage längere Zeit verblieben. Ähnliche Bilder entstehen auch bei der Vermehrung der Bakterien durch Spaltungen, wenn die aus den Teilungen hervor-

[1]) l. c. p. 748 (Anmerkung) und 762.

gegangenen Stäbchen nicht auseinanderfallen, sondern bloss umknicken und in Verbindung mit den Mutterstäbchen verbleiben.

Wie dem auch sei, Thatsache ist es, dass Bakteroiden, wenn überhaupt, so doch nur in Ausnahmefällen, in künstlichen Kulturen der Knöllchenbakterien gebildet werden. Da wir nun in den Knöllchen die meisten Bakterien unter der Form der „Bakteroiden" finden,[1]) so drängt sich die Frage auf, wie diese letzteren aus den ersteren sich entwickeln? Schon Beyerinck nimmt an, dass die Bakteroiden aus den gewöhnlichen Bakterien unter dem Einflusse des Zellplasmas entstehen, wenngleich er zur Stütze seiner Ansicht nur dies anzuführen vermag, dass eben in den Knöllchen die Bakterien unter der Form der Bakteroiden auftreten. Die Ansicht ist übrigens vollkommen richtig. Auf der einen Seite sehen wir nämlich, dass sämtliche Bakterien, welche im Zellplasma eingebettet liegen, gabelige Gestalt annehmen, dagegen die in den oben erwähnten Schläuchen eingeschlossenen Bakterien, welche nicht im direkten Kontakt mit dem Zellplasma sich befinden, die Form eines einfachen Stäbchens beibehalten. Auf der anderen Seite finden wir, wie schon oben (p. 200) hervorgehoben wurde, dass mit der Resorption des Zellplasmas auch die Bakteroiden verschwinden und dann echte Bakterien im Zellinhalt erscheinen. Allein die Kenntnis der U r s a c h e n der Entstehung von Bakteroiden sagt noch nichts über die Art und Weise aus, w i e diese Formen zustande kommen? Da die direkte Beobachtung der Entwickelung der Bakteroiden in den Zellen selbst ein Ding der Unmöglichkeit ist, so suchte ich über diesen Punkt mir Aufklärung dadurch zu verschaffen, dass ich die Vermehrung der Bakteroiden ausserhalb der Pflanze direkt unter dem Mikroskop verfolgte. Auf Taf. I, Fig. 3 b ist die Entwickelung der Bakteroiden, welche direkt den Knöllchen entnommen waren, während sechsstündiger Beobachtungsdauer dargestellt. Wir sehen, dass das obere, einfache Stäbchen, welches von dem verzweigten Bakteroid abgegliedert wurde, einen kurzen seitlichen Ast entwickelt. Dieser Ast wächst nicht weiter, noch zeigt er überhaupt Veränderungen, und dasselbe gilt auch von demjenigen Teil des

---

[1]) Bei der Erbse und bei zahlreichen anderen Pflanzen sind die Bakteroiden stets verzweigt, bei der Lupine kommen verzweigte Formen seltener vor, bei *Phaseolus vulgaris* sind die Bakteroiden stets einfache Stäbchen.

mütterlichen Stäbchens, an dem er entstanden ist. Man kann daraus schliessen, dass die Bildung von Seitenzweigen eine Erscheinung der Involution ist, und dieser Schluss gewinnt noch dadurch an Wahrscheinlichkeit, dass die Bakteroiden mit der Zeit ihre Entwickelungsfähigkeit wirklich einbüssen. Auf der anderen Seite sehen wir, dass Bakteroiden, insoweit sie überhaupt noch entwickelungsfähig sind, einfache, unverzweigte Stäbchen von sich abgliedern.

Die Ansicht, dass die Verzweigung eine Erscheinung der beginnenden Involution der Bakterien ist, wird noch mehr durch die Erscheinungen bekräftigt, welche die Bakteroidenentwickelung bei *Trifolium pratense* bietet. Bei dieser Pflanze sind die Knöllchenbakterien ursprünglich ebenfalls einfache, winzig kleine Stäbchen; später nehmen sie unter dem Einfluss des Zellplasmas birnförmige Gestalt an (Taf. I, Fig. 4) und an diesen birnförmigen Körperchen, die nicht mehr entwickelungsfähig sind, werden erst, als weiteres Anzeichen der fortschreitenden Bakteriendegeneration, Seitenzweige gebildet (Taf. I, Fig. 5).

Das Absterben der Bakterien, das sich äusserlich in den meisten Fällen, wenn auch nicht immer, durch die Bildung von Seitenzweigen kundgiebt, bildet nur die erste Etappe in der Reihe der Veränderungen, welche unter dem Einfluss des Zellplasmas die Bakterien erleiden. Eine weitere Stufe der „Bakteriendegeneration“ ist durch das Auftreten von stark lichtbrechenden Körnchen im Inhalte der Bakteroiden gekennzeichnet. (Taf. I, Fig. 5.) Solche mit lichtbrechenden Körnchen erfüllte Bakteroiden hat zuerst LUNDSTROEM[1]) in den Knöllchen von *Trifolium repens* beschrieben; BEYERINCK hat sie mit dem besonderen Namen „Bläschenbakteroiden“ bezeichnet und meint, dass sie „infolge einer innerhalb der Zelle stattfindenden abnormen Vermehrung“ von *Bacterium Radicicola* entstehen.[2]) Bei der Erbse sind die Bläschenbakteroiden in den Zellen verhältnismässig selten zu beobachten, häufiger dagegen bei anderen Pflanzen, namentlich bei den verschiedenen *Trifolium*- und *Medicago*-Arten. Sie kommen namentlich in solchen (älteren) Knöllchen massenhaft zum Vorschein, welche samt den sie tragenden Wurzeln auf längere Zeit im Wasser untergebracht

[1]) Bot. Centralbl. Bd. XXXIII, 1888, p. 186.
[2]) Bot. Ztg. 1888, p. 735.

wurden. Man findet alsdann die meisten Zellen des Bakteroidengewebes mit Bakteroiden erfüllt, deren Umrisse äusserst zart sind, und deren Inneres mit den lichtbrechenden Körnchen vollständig erfüllt ist (Taf. I, Fig. 6); manche Bakteroiden werden total in solche Körnchen umgewandelt (Taf. I, Fig. 7). In diesem Zustande zeigen die Bakteroiden gegenüber Reagentien ein anderes Verhalten, als normale Bakterien. Während normale Bakterien, und ebenso die gewöhnlichen Bakteroiden, sich mit Methylviolett intensiv färben, nehmen die aus denselben hervorgegangenen lichtglänzenden Körperchen den Farbstoff nicht mehr auf. In solchen Fällen, wo die Degeneration sich bloss auf einen Teil des Bakteroidkörpers erstreckt, bleibt nur dieser Teil ungefärbt, während die übrigen Teile den Farbstoff in sich aufspeichern (Taf. I, Fig. 9). Interessant ist auch das Verhalten der Bläschenbakteroiden gegenüber anderen Reagentien. Die normalen Bakterien lösen sich in konzentrierter Schwefelsäure gar nicht auf, die gewöhnlichen Bakteroiden widerstehen auch zum teil der Einwirkung dieses Reagens, die Bläschenbakteroiden werden leicht und vollständig davon aufgelöst, wobei sich nach einiger Zeit eine rosenrote Färbung einstellt. In Gegenwart von Zucker tritt die Färbung schneller und deutlicher hervor. Mit Jod werden die lichtbrechenden Bakteroidkörperchen intensiv rotbraun gefärbt; von Kalilauge werden sie nicht angegriffen. Aus diesem ganzen Verhalten gegenüber Reagentien geht mit grosser Wahrscheinlichkeit hervor, dass die lichtbrechenden Bakteroidenkörperchen eine *eigentümliche Form von Eiweisssubstanzen* darstellen. Das Resultat aller dieser Betrachtungen lässt sich also dahin zusammenfassen, *dass die Knöllchenbakterien unter dem Einflusse der Pflanze eine Reihe von succesiven Veränderungen erleiden, welche mit einem Wechsel der Gestalt und Abschwächung der Vegetationskraft beginnen, und mit einer vollständigen Degeneration und Umwandlung der Bakterienkörper in besondere Eiweiss-Substanzen abschliessen.*

Es bleibt noch die Frage zu untersuchen, ob die in den verschiedenen Leguminosenpflanzen vorkommenden Knöllchenbakterien eine *einzige* Art bilden, oder in *mehrere* Arten zerfallen. Die Frage hat sich schon Beyerinck vorgelegt und glaubte auf Grund der grossen Übereinstimmung in den Merk-

malen, welche die aus den verschiedenen Leguminosenpflanzen in künstlicher Kultur erhaltenen Bakterienvegetationen darbieten, den Schluss ziehen zu dürfen, dass es sich dabei nur um eine einzige Bakterienspezies handelt, welche jedoch unter dem Einflusse der verschiedenen Nährpflanzen gewisse Modifikationen erfährt, und dementsprechend zahlreiche, mehr oder weniger ausgeprägte Varietäten bildet. Aus den Versuchen HELLRIEGEL's[1]) müsste dagegen geschlossen werden, dass es „distinkte Arten" von Knöllchenbakterien giebt, denn HELLRIEGEL konnte weder bei Lupinen, noch bei *Ornithopus sativus* Knöllchenbildung veranlassen, wenn er diese Pflanzen mit einem Boden infizierte, auf welchem weder Lupinen noch Seradella je gebaut waren. Diesem negativen Ergebnis der HELLRIEGEL'schen Versuche könnte jedoch die Thatsache gegenübergestellt werden, dass in der Natur Lupinen auch dann Knöllchen entwickeln, wenn sie auf einem Boden angebaut werden, der nie früher mit Lupinen bestellt war. So habe ich in früheren Jahren an gelben Lupinen, welche in losen, unkultivierten Flugsand gesäet waren, Knöllchenbildung beobachtet, und FRANK[2]) hat ähnliche Erfahrungen bei Topfkulturen gesammelt, zu denen Flugsand von einer bis dahin nicht in Kultur befindlichen Örtlichkeit und ein Wiesenmoorboden, der nie früher Lupinen getragen hat, benutzt wurde. Doch kann die Frage über die Arteinheit der Knöllchenbakterien nur durch reziproke Infektionsversuche mit Bakterien verschiedener Herkunft endgültig entschieden werden. Einen solchen Versuch habe ich selbst ausgeführt. Es wurden Lupinen, in sterilisierten Sand ausgesäet und dann mit einer Reinkultur der Knöllchenbakterien der Erbse infiziert. Die Pflanzen erntete ich nach 4 Wochen und fand ihre Wurzeln vollständig knöllchenfrei. Es wäre jedoch voreilig, aus diesem negativen Ergebnis den Schluss ziehen zu wollen, dass zwischen den Lupinen- und Erbsen-Bakterien „spezifische" Differenzen bestehen, oder wenigstens, dass die Bakterien der Erbse unfähig sind, Lupinen wirksam zu infizieren. Das Resultat könnte anders ausgefallen sein, wenn die Pflanzen länger der Einwirkung der Bakterien ausgesetzt wären, oder, wenn die Bakterien zuerst auf andere

---

[1]) Zeitschrift d. Ver. für die Rübenzucker-Industrie d. deutsch. Reiches. 1888. p. 102 ff.

[2]) Berichte der deutsch. bot. Gesellsch. Bd. VII, 1889, p. 245.

Pflanzen, und von diesen erst auf Lupinen übertragen wären. Leider reichte meine Zeit nicht mehr aus, um solche Versuche vornehmen zu können.

---

## Die Entwickelungsgeschichte und der anatomische Bau der Knöllchen.

Schon in meiner ersten Mitteilung[1]) über die Wurzelknöllchen habe ich dargethan, dass an den Stellen, wo die Knöllchen zur Ausbildung gelangen, entweder durch Wurzelhaare, oder direkt durch Epidermiszellen eigentümliche, gewöhnlichen Pilzhyphen nicht unähnliche Schläuche in die Wurzel eindringen, welche nach aussen von einer derben und glänzenden Membran umgeben, im Inneren aber mit Unmassen winzig kleiner, einfach stäbchenförmiger Körperchen erfüllt sind. Ausserdem habe ich festgestellt, dass unter Einwirkung dieser Schläuche in der Tiefe der Rinde die junge Knöllchenanlage entsteht, in welcher nach Differenzierung ihrer Gewebe die bakterienähnlichen Inhaltskörperchen der Schläuche sich in Bakteroiden verwandeln, indem sie durch Auflösung der Schlauchmembranen frei werdend sich mit dem plasmastischen Inhalte der Wirtszellen vermengen, sich durch Wachstum und Spaltungen weiter vermehren, bei einigen Pflanzen auch durch Gabelungen verzweigen.

Nachdem ich mich durch die oben beschriebenen Versuche überzeugt habe, dass die Wurzelknöllchen durch Bakterien hervorgerufen werden, lag die Vermutung nahe, dass eben diese Bakterien unter der Form der erwähnten hyphenähnlichen Schläuche in die Wurzel hineinwachsen. Diese Vermutung musste auf ihre Richtigkeit geprüft und gleichzeitig untersucht werden, wie die genannten Schläuche zustande kommen. Bei Gelegenheit dieser Unternehmungen habe ich die Entwickelungsgeschichte der Knöllchen noch einmal einem näheren Studium unterworfen, um auch in dieser Beziehung meine früheren Beobachtungen und die aus denselben gezogenen Schlussfolgerungen auf ihre Richtigkeit zu prüfen. Die nun folgende Darstellung

[1]) Bot. Centralbl. 1888.

der Entwickelungsgeschichte der Knöllchen ist das Resultat sowohl älterer, als auch diesjähriger Untersuchungen.

Es war zuerst zu untersuchen, wie und auf welchen Wegen die Bakterien in die Wurzel eindringen. Das Material zu diesen Untersuchungen bildeten Pflanzen, welche teils in Wasserkulturen, teils in reinem grobkörnigen Sande gewachsen und mit Reinkulturen von Knöllchenbakterien infiziert waren. Zwei Tage nach erfolgter Infektion untersuchte ich die Pflanzen zum ersten Male und fand im Zellsafte sowohl der Wurzelhaare als auch der Epidermiszellen schon recht zahlreiche, zum Teil schwärmende Bakterien, welche in Grösse, Form und Art der Bewegungen mit *Bacterium Radicicola* der künstlichen Kulturen vollständig übereinstimmten. Ob die beobachteten Bakterien insgesamt zu *Bacterium Radicicola* gehörten, wage ich nicht bestimmt zu behaupten, denn einerseits habe ich mich überzeugt, dass in den Kulturen, aus denen die Pflanzen zur Untersuchung genommen wurden, auch andere Bakterien vorkamen, andererseits aber habe ich es unterlassen, durch Versuche zu prüfen, ob nicht etwa gewöhnliche Fäulnisbakterien u. dgl. das Vermögen besitzen, in die Wurzelzellen einzudringen.[1]) Dass aber unter den in den Zellen beobachteten Bakterien auch Knöllchenbakterien sicher vertreten waren, dafür bürgen die nächstfolgenden Beobachtungen. Nach einigen Tagen fand ich bei denselben Pflanzen in einigen Wurzelhaaren und zwar nahe am Scheitel derselben, angehäufte Bakterienkolonien, ausserdem aber auch freie, zum Teil schwärmende Bakterienstäbchen im Zellsafte. An der Stelle, wo die Bakterien sich zu Kolonien angehäuft haben, war das Wurzelhaar hirtenstabförmig gekrümmt, und seine Membran verdickt und gleichwie mit Tüpfeln versehen (Taf. I, Fig. 12). Diese Anhäufung von Bakterienkolonien in der Nähe des Wurzelhaarscheitels erwies sich in der Folge als erstes sicheres Anzeichen der erfolgten Infektion. Als nächstes Stadium bemerken wir nämlich, dass die Bakterien-Kolonien sich mit einer derben, glänzenden Membran umhüllen und unter Vermittelung der letzteren mit der Zellmembran des Wurzelhaares verwachsen. Es entsteht so an der Innenwand des

---

[1]) Ich bemerke jedoch, um etwaigen Missverständnissen vorzubeugen, dass die mit Bakterien erfüllten Wurzelhaar- und Epidermiszellen ein durchaus gesundes, normales Aussehen hatten.

Wurzelhaares und in der Krümmung desselben eine Art glänzenden Knopfs, welcher in den meisten Fällen noch von freien, d. h. nicht mit Membran umhüllten Bakterienkolonien umgeben ist (Taf. I, Fig. 13). Um diesen Knopf krümmt sich in den meisten Fällen der Scheitel des Wurzelhaares noch mehr ein, bildet eine Art Schraube oder Schnecke, in deren Mitte der Bakterienknopf zu liegen kommt, und dann wächst aus letzterem gegen die Basis des Wurzelhaares ein ebenfalls glänzender und mit Bakterien erfüllter Schlauch hervor (Taf. I, Fig. 13 und Fig. 14).

Der so gebildete Bakterienschlauch wächst nun unter sanften Krümmungen und Biegungen im Inneren des Wurzelhaares fort, dringt in die zugehörige Epidermiszelle ein, und gelangt schliesslich an die Innenwand derselben, die seinem weiteren Wachstum ein Hindernis in den Weg setzt. Dieses Hindernis wird jedoch bald überwunden; die Spitze des Bakterienschlauches legt sich unter gleichzeitiger Verflachung und Verbreiterung der Zellenmembran dicht an, durchwächst dieselbe und dringt in die nächste Rindenzelle ein, wo sie sich von Neuem verjüngt und in die Länge wächst. In ähnlicher Weise wächst der Bakterienschlauch in die tieferen Rindenzellen hinein, indem er jedesmal an den Zellmembranen Halt macht, sich dann abflacht und nach Auflösung eines Membranstückes in der nächsten Zelle mit verjüngter Spitze zum Vorschein kommt.

Mit den Wurzelhaaren, in denen sich die Bakterienschläuche entwickelt haben, verwachsen öfters andere, nächstliegende Wurzelhaare (Taf. II, Fig. 13 u. 14). Die Verwachsung findet in der Scheitelregion statt und die verwachsenden Wurzelhaare krümmen sich dann in derselben charakteristischen Weise schrauben- oder schneckenförmig ein, wie das schlauchtragende Wurzelhaar. Aus diesem letzteren wächst dann der Bakterienschlauch in die mit ihm verwachsenen Wurzelhaare hinein und gelangt durch dieselben in andere Epidermiszellen. In manchen Fällen, wenn auch verhältnismässig selten, werden die Bakterienschläuche direkt in den Epidermiszellen entwickelt, indem die hier eingedrungenen Bakterien, nachdem sie sich vermehrt haben, sich an beliebiger Stelle der Aussenwand ansammeln und nach Umhüllung mit einer Membran unter Vermittelung der letzteren mit der Zellmembran verwachsen (Taf. I, Fig. 15).

Die Bakterienschläuche wachsen nach Art der gewöhnlichen Hyphenpilze an seinem verjüngten Scheitel fort, nehmen unterhalb desselben an Dicke zu und erzeugen Verzweigungen, die sich ebenso verhalten (Taf. I, Fig. 17). Manchmal kommt es vor, dass schon im Scheitel des Wurzelhaares zwei Bakterienschläuche entspringen, welche dann die ganze Länge des Wurzelhaares neben einander verlaufen und an verschiedenen Stellen die Epidermiszelle durchbohren. In den meisten Fällen werden jedoch in den Wurzelhaaren einfache, unverzweigte Bakterienschläuche angetroffen, die erst in den Epidermiszellen oder in den an dieselbe grenzenden Schichten der primären Wurzelrinde sich verzweigen. Die Verzweigungen sind manchmal äusserst zahlreich (Taf. I, Fig. 15) und verlaufen bald in geraden Linien, bald unter eigentümlichen wurmförmigen Verkrümmungen, bald schwellen sie zu verschieden gestalteten Blasen an.

An den Stellen, wo die Bakterienschläuche die Zellmembranen durchwachsen, entstehen charakteristische Membranerweiterungen, welche schon die Aufmerksamkeit älterer Forscher auf sich gelenkt haben. Sie werden von KNY, FRANK, PRILLIEUX u. A. erwähnt. Sehr eingehend hat sich mit ihnen TSCHIRCH beschäftigt, welcher sie als trichterförmige Erweiterung der „Fäden" (TSCHIRCH hat die Bakterienschläuche für aus dem Plasma differenzierte Fadenbildungen gehalten) zu beiden Seiten der intakt gebliebenen Zellmembran beschreibt und abbildet.[1]) Diese Darstellung beruht auf einem doppelten Irrtum. TSCHIRCH hat es übersehen, dass die „Fäden" sich nicht nur ausserhalb der Membran, sondern auch innerhalb derselben verbreiten, und er hat es auch übersehen, dass dieselben gewöhnlich nicht in demselben Niveau, in welchem sie in die Membran eingedrungen sind, sondern an anderer beliebiger Stelle, höher oder niedriger, die Membran verlassen. Untersucht man die Durchwachsungsstellen der Zellmembranen bei starken Vergrösserungen, so sieht man deutlich, dass die Bakterienschläuche nachdem sie in die Membran eingedrungen sind, dieselbe in zwei Lamellen spalten und in dem so gebildeten Spalte weiter wachsen (Tafel I, Fig. 16), wodurch eine mehr oder weniger

[1]) l. c. p. 74: „Zweifellos ist, dass an allen den Stellen, wo die Fäden mit einem breiten Fusse der Membran ansitzen, eine Durchbohrung .... nicht stattfindet."

hervortretende Anschwellung an dieser Stelle entsteht. Da nun der Spalt gewöhnlich nicht in demselben Niveau liegt, wie die zugehörigen Teile des Bakterienschlauches, so erhält man, wenn das Mikroskop auf diesen letzteren eingestellt wird, den Eindruck, als wenn die Membran an dieser Stelle intakt geblieben, also nicht durchbohrt wäre; der wahre Sachverhalt wird jedoch sofort klar, wenn man das Mikroskop nicht auf den Bakterienschlauch, sondern auf den Spalt selbst einstellt.[1]) Zu erwähnen wäre noch, dass die Bakterienschläuche öfters in Interzellularräume hineinwachsen, dieselben ganz erfüllen oder gar erweitern.

In frischen, aus lebendigem Material angefertigten Präparaten stellen die Bakterienschläuche homogene, stark glänzende Stränge dar, welche weder eine Membran, noch irgend welchen Inhalt erkennen lassen. Werden solche Präparate mehrere Stunden im Wasser gelassen, so verlieren die Bakterienschläuche meistenteils ihren starken Lichtglanz, und dann bemerken wir, dass sie von einer derben Membran umgeben sind und zahlreiche winzig kleine Stäbchen (Bakterien) als Inhalt führen. Noch deutlicher tritt die Struktur der Bakterienschläuche in solchen Präparaten hervor, welche mit Reagentien behandelt oder aus in Spiritus aufbewahrtem Material angefertigt waren. Durch Färbung mit Gentianaviolett, Fuchsin und anderen Anilinfarbstoffen, welche die Membran der Schläuche ungefärbt lassen, hebt sich dieselbe von dem gefärbten Inhalte sehr deutlich ab. Wendet man zur Färbung eine Auflösung von gleichen Teilen Fuchsin und Methylviolett in 1 % Essigsäurelösung, so wird der Inhalt der Bakterienschläuche rot gefärbt, während die Membranen auch jetzt farblos bleiben. Da gleichzeitig der Zellinhalt samt den Zellmembranen sich blau färben, so gestattet diese Methode der Färbung Bakterienschläuche auch da sichtbar zu machen, wo sie unter gewöhnlichen Umständen sich der Beobachtung entziehen. Die Membran ist besonders an älteren und dickeren Bakterienschläuchen schön ausgebildet und zeigt hier gewöhnlich eine doppelte Kontour; gegen die wachsenden Spitzen wird sie allmählich dünner. Wo die Bakterienschläuche zu grösseren Blasen sich erweitern, da ist die Membran dünner und lässt, selbst in

[1]) Diese Details müssen nicht am frischen, sondern am besten an in Spiritus aufbewahrtem Material untersucht werden.

frischen Präparaten, den Inhalt derselben als eine dunkle, stark körnige Masse durchscheinen; kleinere Blasen sind dagegen im lebendigen Zustande, gleich den Bakterienschläuchen, stark lichtglänzend und undurchsichtig.

In dem Masse, wie die Bakterienschläuche in die tieferen Schichten der Wurzelrinde eindringen, fangen die nächst ihnen gelegenen Zellen an sich mit grösseren Mengen von Plasma zu erfüllen und durch Teilungen zu vermehren.[1]) Die Teilungen finden namentlich in den vor den Bakterienschläuchen liegenden, tieferen Rindenzellschichten statt; die äusseren Schichten der Rinde, selbst diejenigen, welche Bakterienschläuche enthalten, nehmen an den Teilungen keinen oder nur geringen Anteil (Taf. I, Fig. 17). Manchmal kommt es aber vor, dass die Bakterienschläuche bis nahe an die Endodermis vorgedrungen sind, ohne reichlichere Vermehrung der Rindenzellen veranlasst zu haben. Dieses Ausbleiben der Teilungen habe ich namentlich dann beobachtet, wenn in der nächsten Nähe andere, mehr in der Entwickelung fortgeschrittene Knöllchenanlagen sich befanden. Ein Eindringen der Bakterienschläuche in die Endodermis, oder gar in das darunter liegende Perikambium, wie dies VUILLEMIN[2]) für die Hyphen seines *Cladochytrium* beobachtet haben will, habe ich nie gesehen.

Anfangs gehen die Teilungen langsam von Statten, später in sehr rascher Aufeinanderfolge, namentlich in den 4 bis 5 innersten Schichten der Rinde (Taf. I, Fig. 18). Bald werden auch die angrenzenden Endodermiszellen zu den Teilungen herangezogen, während das Perikambium zu dieser Zeit noch unthätig verbleibt, oder wenigstens nur vereinzelte Zellteilungen aufweist. Die 4 oder 5 innersten Rindenschichten, welche sich in dieser Weise vermehrt haben, bilden die Grundlage des in Entstehung begriffenen Knöllchens. Die ursprünglichen Rindenzellen sind noch jetzt an der bedeutenderen Dicke ihrer Mem-

---

[1]) In meiner früheren Mitteilung über Wurzelknöllchen (Bot. Centrbl. 1888) habe ich angegeben, dass die Rindenzellen sich zuerst mit Stärkekörnern, dann mit Plasma anfüllen. Diese Angabe hat jedoch, wie ich mich nachträglich überzeugt habe, nur für etiolierte, in Wasserkulturen gezogene Pflanzen Gültigkeit; bei den normal gewachsenen Pflanzen wird in diesem Entwickelungsstadium des Knöllchens Stärke in den Rindenzellen meistenteils nicht vorgefunden.

[2]) L. c. p. 82.

branen leicht zu erkennen (Taf. I, Fig. 19). Mit der weiteren Vermehrung der Zellen verwischt sich aber dieser Unterschied, und der ganze aus den Teilungen hervorgegangene Zellenkomplex nimmt die charakteristischen Eigenschaften eines kleinzelligen, gleichmässig dünnwandigen, mit dichtem Plasma erfüllten Teilungsgewebes an.

Mit der Entstehung dieses Teilungsgewebes gehen auch wichtige Veränderungen im Verhalten der Bakterienschläuche Hand in Hand. Dicht vor der Stelle, an welcher die Ausbildung des Knöllchenmeristems erfolgte, wachsen die Bakterienschläuche zu ansehnlicher Grösse heran und erweitern sich zu verschieden gestalteten Blasen, welche den grössten Teil des Zelllumens erfüllen. Gleichzeitig treiben sie gegen die junge Knöllchenanlage einen oder mehr Zweige hervor, welche in die neu entstandenen Zellen hineinwachsen und sich in ihnen durch weitere Verzweigungen verbreiten (Taf. I, Fig. 19). Die genaue Verfolgung dieser letzteren ist jedoch in diesem Entwickelungsstadium des Knöllchens ungemein erschwert, da die Verzweigungen sehr fein und die Zellen mit dichtem, undurchsichtigem Plasma vollständig erfüllt sind. Aus der Untersuchung älterer Knöllchen, wie in Fig. 20, Taf. II, darf jedoch geschlossen werden, dass die Verzweigungen der Bakterienschläuche sich bloss im Centrum der jungen Knöllchenanlage verbreiten und die äusseren Zellen derselben frei lassen. Im Centrum der Knöllchenanlage differenziert sich nämlich alsbald ein Gewebe, welches aus merklich grösseren Zellen besteht und durch Färbung mit einer Auflösung von Rosanilin (Methylviolett und Fuchsin zu gleichen Teilen in 1 % Essigsäure) violettrote Farbe annimmt; das nach aussen gelegene Gewebe ist kleinzelliger und wird rein blau gefärbt (Taf. II, Fig. 20, wo der chagrinierte Teil des Knöllchens die Grenzen anzeigt, bis zu welchen die rotviolette Färbung sich erstreckte). Diese zentrale Partie, in welcher die Bakterienschläuche sich verbreiten, bildet sich in der Folge zum B a k t e r o i d e n g e w e b e (inneres oder zentrales Parenchym älterer Autoren) aus; das äussere kleinzellige Gewebe, welches keine Bakterienschläuche enthält, giebt die Initialen für zahlreiche andere Gewebe des Knöllchens ab. Der an der Spitze des Knöllchens gelegene Teil dieses Gewebes behält auf die Dauer seine Teilungsfähigkeit und wird zum M e r i s t e m oder V e g e t a t i o n s s c h e i t e l des Knöllchens; aus

dem gegen die Basis des Knöllchens gerichteten Teile werden später die zahlreichen Fibrovasalbündel des Knöllchens entwickelt, welche von den Bündeln des zentralen Wurzelcylinders in das Knöllchen hineinwachsen; der übrige, zur Ausbildung der Fibrovasalbündel nicht verwendete Teil wird zum äusseren Parenchym der Autoren (hyalines Gewebe BEYERINCK's). Nach aussen differenziert sich schliesslich die Rinde des Knöllchens, welche aus tangentialen Teilungen der umgebenden Rindenzellen hervorgeht, in späteren Entwickelungsstadien der Knöllchen sich jedoch durch die Thätigkeit des Vegetationsscheitels verjüngt.[1])

Die weitere Entwickelung des Knöllchens beruht nun auf der Ausbildung und Differenzierung der genannten Gewebe. Verhältnismässig rasch schreitet das Bakteroidengewebe seiner vollständigen Ausbildung entgegen. In den bis jetzt mit dichtkörnigem Plasma erfüllten Zellen treten zahlreichere Vacuolen auf, die Zellen wachsen rasch heran und nehmen unter Bildung von Interzellularräumen mehr abgerundete Gestalt an. Mit diesem Wachstum der Zellen hält das Wachstum der in ihnen vorkommenden Bakterienschläuche gleichen Schritt: dieselben nehmen an Dicke zu und schwellen zu verschieden gestalteten Blasen an, welche im Inneren der Zellen sich verbreiten und die Zelllumina mehr oder weniger erfüllen. In frischen Präparaten zeigt jetzt das Plasma denselben starken Lichtglanz, welcher den Bakterienschläuchen eigen ist, und ebenso ist der Zellkern gleichwie mit einem glänzenden, undurchsichtigen Mantel umgeben (Taf. II, Fig. 21). Dieses Bild, welches Plasma samt Zellkern jetzt bieten, ist jedoch sehr vergänglich. Schon in reinem Wasser bersten nach wenigen Minuten die zwischen den Vacuolen ausgespannten Plasmafäden, die Vacuolen fliessen zusammen, und Plasma samt Zellkern treten in ihrer gewöhnlichen, körnigen Beschaffenheit zum Vorschein; nur die in den Zellen eingeschlossenen Bakterienschläuche, insoweit sie nicht zu grösseren Blasen aufgetrieben

---

[1]) In meiner im Bot. Centrbl. veröffentlichten Mitteilung ist ein unliebsamer Druckfehler zurückgeblieben, welcher den Sinn der ganzen Darstellung verdreht, und den ich hiermit berichtige. Auf Seite 7 (des Separatabdrucks) soll der Satz: „Nach aussen liegt die Rinde des Knöllchens, welche aus der Epidermis . . . besteht“ — lauten: „Nach aussen liegt die Rinde des Knöllchens, welche von der Epidermis . . . bedeckt ist“.

sind, behalten ihren eigentümlichen Lichtglanz. Zwischen den Zellen, welche die oben beschriebenen Eigentümlichkeiten zeigen, sieht man, namentlich in den hinteren Teilen des jugendlichen Bakteroidengewebes, einzelne Zellen eingestreut, welche zum grössten Teil oder ganz mit dunklem, stark körnigen Inhalte erfüllt sind. Werden diese Zellen durch Druck oder auf andere Weise geöffnet, so ergiesst sich aus ihnen ein schleimziehender plasmatischer Inhalt, in welchem Myriaden von winzigen einfach stäbchenförmigen Bakterien schweben.

Aus dem Vorhergehenden ergiebt sich, dass die Bakterienschläuche ihren Inhalt an die Zellen in der Weise abgeben, dass sie zuerst zu grösseren und von dünnen Membranen umgebenen Schläuchen anschwellen, dann die Membranen der letzteren sich verflüssigen und die in ihnen eingeschlossenen Bakterien sich mit dem Zellplasma vermengen. Freilich lässt sich der Vorgang der Auflösung der Bakterienschläuche nicht direkt unter dem Mikroskop kontrolieren, weil durch den Eingriff der Präparation von Schnitten die weitere Entwickelung in den Zellen hintangehalten wird, und der Zellinhalt, wie schon oben angedeutet wurde, selbst in reinem Wasser Veränderungen in der Struktur erleidet. Allein mehrere Umstände sprechen dafür, dass die Bakterien, wenn nicht ausschliesslich, so doch vorwiegend, durch Vermittelung der blasenförmigen Erweiterungen der Bakterienschläuche in den Zellinhalt gelangen. Vor allem der Umstand, dass nicht alle Bakterienschläuche aufgelöst werden. Ein grosser Teil derselben bleibt in den Zellen auch weiterhin erhalten, und zwar ist es derjenige Teil, welcher von derberen, lichtglänzenden Membranen umgeben ist. Dann sind die Membranen an den grösseren blasenförmigen Anschwellungen der Bakterienschläuche äusserst dünn und können selbst der Einwirkung des Wassers auf die Dauer nicht widerstehen[1]; es ist deshalb wahrscheinlich, dass sie auch gegenüber dem Plasma, das sie allseitig umschliesst, nicht resistent sein können. Schliesslich wäre noch der Umstand zu erwähnen, dass solche Bakterienschläuche, welche quer die Zellen durchsetzen, bei dem Wachstum der letzteren zwar zerrissen werden, aber dabei nichts

---

[1]) Sehr oft habe ich das Platzen der grösseren mit Bakterien erfüllten Blasen schon im reinen Wasser beobachtet. Nach Zusatz einer Spur von Kalilauge erfolgt das Platzen im Augenblick; die gewöhnlichen Bakterienschläuche werden durch Kalilauge wenig angegriffen.

von ihrem Inhalte an die Zellen abgeben, da ihre Membranen der Ausdehnung der Zellen zuerst passiv folgen und dann mit geschlossenen und gegen einander gerichteten feinen Spitzen zerreissen. Damit soll keineswegs gesagt werden, dass die gewöhnlichen, mit derberen Membranen umhüllten Bakterienschläuche der Auflösung nicht anheim fallen können. Thatsächlich habe ich in jungen Knöllchen von *Phaseolus vulgaris* gewöhnliche Bakterienschläuche gefunden, die bald an ihrer Spitze, bald an anderen Stellen ihres Verlaufes in Auflösung begriffen waren (Taf. II, Fig. 30).

Die auf diese Weise aus den Bakterienschläuchen befreiten Bakterien behalten noch eine Zeit lang die ursprüngliche Form eines einfachen Stäbchens und höchst wahrscheinlich auch ihre Vermehrungsfähigkeit. Mit dem längeren Verweilen im Zellplasma geht ihnen aber diese Fähigkeit verloren und gleichzeitig werden sie in Gestalt umgeändert, indem sie gabelig sich verzweigen und so zu „Bakteroiden" werden. Im Ganzen vollzieht sich diese Umwandlung ziemlich rasch, denn wir finden zahlreiche Bakteroiden schon in Knöllchen, welche noch unter der Wurzelrinde stecken oder dieselbe kaum durchbrochen haben. Dagegen behalten die in den zurückgebliebenen Bakterienschläuchen eingeschlossenen Bakterien dauernd ihre ursprüngliche Form und Vermehrungsfähigkeit.

Das Bakteroidengewebe ist den übrigen Geweben des Knöllchens an Masse weit überlegen, und dieses Verhältnis erhält sich bis an das Lebensende der Pflanzen. Der Zuwachs des Bakteroidengewebes findet infolge der Teilungen statt, welche im Vegetationsscheitel des Knöllchens vor sich gehen. Die äussersten Schichten des Vegetationsscheitels unterscheiden sich in nichts von den gewöhnlichen Meristemen, wie solche in den Vegetationsspitzen der Wurzel etc. beobachtet werden. Man sieht in den Zellen dieser Schichten weder freie Bakterien, noch Bakteroiden, auch keine Bakterienschläuche, ausgenommen, dass der Schnitt gerade die Zellen getroffen hat, durch welche die Bakterienschläuche in das Bakteroidengewebe eingedrungen waren. Hinter diesen äussersten Schichten liegen Zellschichten, deren Zellen genau den Anblick gewähren, welchen das junge Bakteroidengewebe in den Anfangsstadien seiner Differenzierung bietet. In den Zellen treten zahlreichere Vakuolen zum Vorschein, Plasma und Zellkern sind durch besonderen Lichtglanz

ausgezeichnet, Bakterienschläuche kommen zwar vor, aber sind noch sehr fein und ohne Anwendung von Reagentien leicht zu übersehen. Weiter nach hinten begegnen wir schon Zellschichten, welche reichlich von Bakterienschläuchen durchsetzt werden und mit blasigen Auftreibungen der letzteren erfüllt sind, und diese Schichten grenzen unmittelbar an das vollständig entwickelte Bakteroidengewebe, dessen Zellen mit Bakteroiden vollständig erfüllt sind, daneben aber auch Bakterienschläuche enthalten. Aus diesem ganzen Sachverhalt geht mit Evidenz hervor, dass die aus den Teilungen des Meristems hervorgegangenen Zellen dadurch zum Bakteroidengewebe werden, dass aus dem letzteren Bakterienschläuche in dieselben hineinwachsen und dann ihren Inhalt dem Zellplasma abgeben.

Bald nach Differenzierung des Bakteroidengewebes wird der Anschluss des Knöllchens an die Fibrovasalmassen der Wurzel durch Anlegung von Fibrovasalbündeln bewerkstelligt. Dieselben gehen aus den Teilungen des Perikambiums hervor und treten meistenteils in grösserer Anzahl (2—5) in das Knöllchen ein. Wird das Knöllchen gegenüber dem Xylem angelegt, so gehen aus demselben Seitenzweige hervor, welche in das Knöllchen zwischen Bakteroidengewebe und Rinde hineindringen und dort auf Kosten des noch teilungsfähigen „äusseren Parenchyms“ weiter wachsen. Findet die Anlage des Knöllchens gegenüber dem Phloëm statt, so werden von den beiden, seitlich des Phloëms liegenden Xylemsträngen Seitenzweige in das Knöllchen entsendet Taf. II, Fig. 22). Dasselbe findet zuweilen auch dann statt, wenn die Anlage des Knöllchens weder gegenüber dem Xylem, noch gegenüber dem Phloëm, sondern dazwischen erfolgt; in der Regel gehen aber die Seitenzweige alsdann von dem einen, und zwar dem näher gelegenen Xylemstrange, aus.

In den Knöllchen verzweigen sich die Stränge durch wiederholte Gabelungen, welche sich dicht an das Bakteroidengewebe anlegen und dasselbe allseitig umschliessen. Die Verzweigungen der Stränge gehen so weit, wie sich das fertige Bakteroidengewebe erstreckt; mit der fortschreitenden Entwickelung des letzteren halten sie gleichen Schritt und nehmen an Zahl zu. Man findet deshalb an Querschnitten die grösste Anzahl von Strängen in der Nähe des Vegetationsscheitels des Knöllchens, gegen die Basis nimmt ihre Zahl ab und an der

Basis treten sämtliche Stränge seltener zu einem, gewöhnlich zu 3 bis 5 Hauptsträngen zusammen, welche direkt von dem zentralen Wurzelstamme entspringen.

Inbezug auf die Struktur der Fibrovasalstränge der Knöllchen kann ich mich kurz fassen, da die betreffenden Verhältnisse schon eingehend von BEYERINCK[1]) und namentlich von VUILLEMIN beschrieben wurden.[2]) Die Mitte des Fibrovasalbündels wird vom Xylem und Phloëm eingenommen, die in der Weise orientiert sind, dass das Phloëm nach innen, gegen das Bakteroidengewebe, das Xylem nach aussen, gegen die Knöllchenrinde gerichtet sind. Xylem und Phloëm sind von einer meist einfachen Schichte Perikambium und dieses von einer Endodermis umschlossen. Die Verteilung der Fibrovasalbündel im Knöllchen und die gegenseitige Lagerung ihres Xylems und Phloëms deuten darauf hin, dass es darauf ankommt, zwischen dem Bakteroidengewebe und dem zentralen Wurzelstrange eine sichere Leitung für die Ein- und Auswanderung von Stoffen herzustellen.

Die Fibrovasalbündel des Knöllchens verlaufen, wie schon oben erwähnt wurde, innerhalb eines paremchymatischen Gewebes (Taf. II, Fig. 23), welches von den meisten Autoren als „äusseres Parenchym“, von BEYERINCK als „hyalines Gewebe“, von VUILLEMIN als „Rinde“ bezeichnet wird. Dieses Gewebe ist gegen das Bakteroidengewebe nicht scharf abgegrenzt, sondern geht, namentlich in alten, zum teil entleerten Knöllchen, allmählich in dasselbe über; nach aussen schliesst es an die Knöllchenrinde an. Die Zellen dieses Gewebes enthalten weder Bakteroiden, noch Bakterienschläuche, dafür aber reichliche Mengen von Stärke. Die passendste Bezeichnung für dieses Gewebe wäre demnach „Stärkeschichte“.

Schliesslich ist das Knöllchen nach aussen von einer „eigenen Rinde“ oder „Korkhülle“ umgeben, welche aus mehreren Lagen von verkorkten Zellen besteht. Die äusseren Zellen der Rinde werden mit der Volumvergrösserung des Knöllchens an dem fortwachsenden Scheitel gesprengt und abgestreift, wodurch die Oberfläche des Knöllchens eine mehlige bis silberglänzende Beschaffenheit erhält; dafür werden von innen durch die Thätigkeit des Meristems neue Korkschichten erzeugt.

---

[1]) l. c. p. 728 ff.
[2]) l. c. p. 30 ff.

Aus der im Vorigen gegebenen Darstellung der Entwickelungsgeschichte und Anatomie der Knöllchen ergiebt sich mit genügender Sicherheit, dass die Wurzelknöllchen Organe „eigener Art“ darstellen, welche mit den an den Wurzeln normal auftretenden Seitenwurzeln nichts mehr gemein haben, als eben die Entstehung an den Wurzeln. Sie können auch nicht als unter dem Einfluss von Bakterien „metamorphosierte Seitenwurzeln“ aufgefasst werden, da sie sowohl inbezug auf den Ort ihrer Entstehung, wie auf den Modus ihrer Entwickelung, wie schliesslich inbezug auf die anatomischen Verhältnisse ihrer Struktur durchgreifende Unterschiede zeigen. Der Ort, an welchem die Bildung der Knöllchen erfolgt, ist ganz dem Zufall überlassen, da es blos davon abhängt, an welcher Stelle die Bakterien in die Wurzel eindringen und in welcher Richtung die „Bakterienschläuche“ weiter wachsen. Da nun die Bakterien in der Rinde sich ansiedeln und vermehren, so geht auch das Knöllchen aus den Teilungen der Rindenzellen hervor; das Perikambium trägt zur Erzeugung der eigentlichen Gewebe des Knöllchens nichts bei, es stellt nur die Verbindung zwischen den Fibrovasalbündeln der Wurzel und des Knöllchens her. In gleicher Weise zeigen die Knöllchen in der Art ihrer Entwickelung und in dem anatomischen Aufbau ihres Körpers von den Seitenwurzeln ganz abweichende Verhältnisse. In dieser Beziehung wären der Mangel einer Wurzelhaube, das Fehlen von Wurzelhaaren, die Bildung einer eigenen Korkhülle, die eigentümliche Anordnung der Fibrovasalbündel, die gegenseitige Lage des Xylems und Phloëms in den Bündeln, hervorzuheben, alles Verhältnisse, die sich dem Verständnis gänzlich entziehen würden, wenn die Wurzelknöllchen metamorphosierte Wurzelzweige wären. Alle diese Verhältnisse werden aber leicht verständlich, wenn, wie die Entwickelungsgeschichte lehrt, die Wurzelknöllchen als „eigene Organe“ der Wurzel aufgefasst werden, die unter dem Einfluss von bestimmten Bakterien hervorgebracht werden und deren Struktur den besonderen Zwecken ihrer Entstehung angepasst ist. Wir werden weiter unten noch sehen, dass in der That die Struktur der Knöllchen an die eigentümliche Rolle, welche den Bakterien im Haushalte der Pflanzen zukommt, vollkommen angepasst ist.

Ob die Wurzelknöllchen auch bei anderen Pflanzen in der gleichen Weise sich entwickeln, wie bei der Erbse, diese Frage

**lässt sich nach den bisherigen Untersuchungen noch nicht mit Sicherheit beantworten.**

**Nach Tschirch sollen die Wurzelknöllchen der Lupine aus den Teilungen des Perikambiums hervorgehen. Inwieweit diese Angabe richtig ist, lässt sich aus der gegebenen Darstellung und den beigefügten Abbildungen nicht weiter ersehen. Für *Vicia Faba* hat schon Eriksson nachgewiesen, dass der Ort der Knöllchenanlage ausserhalb des Perikambiums liege. Nach meinen eigenen Untersuchungen ist dies auch für *Vicia sativa* und *Phaseolus vulgaris* zutreffend. Bei dieser letzteren Pflanze habe ich das Eindringen der Bakterienschläuche in die Wurzel beobachtet und gefunden, dass dieselben die Rindenzellen zu Teilungen veranlassen. In ausgebildeten Knöllchen von *Phaseolus vulgaris* kommen die Bakterienschläuche in allgemeiner Verbreitung vor (Vgl. Taf. II, Fig. 30 und 31). Auch bei *Lupinus perennis* sah ich Bakterienschläuche in die Wurzel eindringen, und in den jungen Knöllchen fand ich sie immer, namentlich in der Knöllchenrinde, als dicke, lichtglänzende Stränge vor. Bei *Lupinus luteus* und *angustifolius* habe ich zwar ihr Eindringen in die Knöllchen nicht gesehen, dafür aber im Bakteroidengewebe älterer Knöllchen Bildungen beobachtet, welche an die blasenförmigen Erweiterungen der Bakterienschläuche lebhaft erinnerten. Von den übrigen Pflanzen habe ich noch die Knöllchen von *Trifolium (pratense* und *hybridum)* und *Medicago* (*sativa* und *lupulina*), aber bloss in älteren Stadien untersucht; Bakterienschläuche sind in ihnen stets vorhanden.**

**Bevor ich an die weitere Darstellung der Knöllchenentwicklung gehe, erachte ich es für notwendig, noch einige Bemerkungen über die Anfangsstadien der Knöllchenbildung an dieser Stelle einzuschalten.**

**Wir haben gesehen, dass bald nach erfolgter Infektion die Bakterien in den Wurzelhaar- und Epidermiszellen erscheinen und dann in Form von eigentümlichen mit Membranen umgebenen Kolonien in die Rinde hineinwachsen. Nun finden wir die Bakterien, wenn nicht in allen, so doch in sehr zahlreichen Zellen der jugendlichen Wurzel, während die Bakterienschläuche verhältnismässig seltener angetroffen werden. Es fragt sich nun, was wird aus den anderen Bakterien, die nicht zur Ausbildung der schlauchförmigen Kolonien gelangen? Die Antwort finden wir schon**

in der Angabe Beyerinck's, dass Bakteroiden auch ausserhalb des Knöllchens in Wurzelhaaren, Epidermis- und Rindenzellen der Wurzel angetroffen werden. In der That ist das Vorkommen von Bakteroiden an anderen Stellen der Wurzel [1]) gerade kein seltenes, und man darf daraus schliessen, dass diejenigen Bakterien, welche Bakterienschläuche nicht ausbilden, schon in den oberflächlichen Zellen der Wurzel in Bakteroiden umgewandelt werden. Allein die Zellen, welche solche Bakteroiden enthalten, bleiben ungeteilt und die Knöllchen werden an diesen Stellen nicht entwickelt. Letztere entstehen nur dort, wo Bakterienschläuche sich herausgebildet haben.

Was das Eindringen der Bakterien in die Wurzeln anlangt, so wäre es, bei der ausserordentlichen Kleinheit dieser Wesen, vergebliche Mühe gewesen, dieselbe direkt unter dem Mikroskop beobachten zu wollen. Ich glaube jedoch nicht, dass *Bacterium Radicicola*, wie dies Beyerinck vermutet, durch „unsichtbare Poren“ der Zellmembranen in die Zellen eindringt. Zuerst sind die „Heitzmann'schen Löcher“, und diese hat Beyerinck hier im Sinne, in den peripherischen Wurzelzellmembranen gewiss nicht vorhanden, und andere „Poren“ sind, meines Wissens, in ihnen auch nicht entdeckt worden. Dann sehe ich keinen triftigen Grund, weshalb *Bacterium Radicicola* nicht die Fähigkeit besitzen sollte, Cellulosemembranen aufzulösen. Zwar hat sich Beyerinck durch Versuche überzeugt, dass die Knöllchenbakterien Cellulose nicht verflüssigen, allein diese Versuche können höchstens beweisen, dass Cellulose für sie kein geeigneter Nährstoff sei, und sagen über ihr Verhalten gegenüber lebenden Zellmembranen noch nichts aus. Wir können diese Fähigkeit ihnen um so weniger absprechen, als wir ja gesehen haben, dass sie dieselbe in ausgesprochenem Grade auch dann besitzen, wenn sie in Form mit Membranen umhüllter schlauchförmiger Kolonien in die Zellen hineinwachsen. Wir müssen folglich schliessen, dass auch einzelne Stäbchen von *Bacterium Radicicola* durch Auflösung der Zellmembranen in die Zellen hineingelangen. Freilich wird dabei eine Läsion der Membranen nicht beobachtet, allein dieser Umstand findet in der ausserordentlichen Kleinheit der Stäbchen hinreichende Erklärung.

---

[1]) Beyerinck will sie sogar in Rhizomen von *Trifolium pratense* und in einem Fall, nach Infektion, in den Stengeln von *Vicia Faba* beobachtet haben.

Doch hat *Bacterium Radicicola* nur die Fähigkeit, jugendliche Zellulosemembranen aufzulösen, ist aber nicht imstande, dieselbe Wirkung auf chemisch metamorphosierte und namentlich verkorkte Membranen auszuüben. Dies geht schon daraus hervor, dass an älteren, ausgewachsenen Wurzelteilen, wie diesbezügliche Versuche lehrten (s. S. 121 u. 126), Knöllchenbildung durch künstliche Infektion nicht mehr hervorgebracht werden kann. Auch der Umstand, dass Bakterienschläuche die Endodermis nicht durchwachsen, kann als weitere Stütze dieser Ansicht dienen.

Beachtenswert ist noch der Umstand, dass auf dem ganzen Wege, welchen die Bakterienschläuche von ihrer Ansatzstelle in den Wurzelhaar- und Epidermiszellen bis zur jungen Knöllchenanlage durchlaufen, ausserhalb derselben keine freien Bakterien im Inhalte der Zellen angetroffen werden, was namentlich an solchen Präparaten leicht festgestellt werden kann, welche aus in Spiritus aufbewahrtem Material angefertigt waren. Zwar kommt es zuweilen vor, dass die Bakterienschläuche schon in den ersten Schichten der primären Wurzelrinde teilweise aufgelöst werden und die Bakterien an den Zellinhalt abgeben, aber dann finden sich freie Bakterien nur in diesen, aber schon nicht mehr in den nächst gelegenen Zellen.

Es bleibt noch die Frage zu untersuchen, was sind die Membranen der Bakterienschläuche, und durch welche Einflüsse sie erzeugt wurden.

Der Umstand, dass die Bildung der Bakterienschläuche mit Einhüllung der ursprünglich freien Bakterienkolonien in eine Membran und Verwachsung dieser Membran mit der Membran der Pflanzenzelle beginnt, könnte den Verdacht erregen, dass die Pflanze selbst diese Membran erzeugt, um etwa den Zellinhalt vor den Bakterien besser zu schützen. Zu Gunsten einer solchen Auffassung könnte noch dies angeführt werden, dass die Pflanze gegenüber den Bakterien sich aktiv verhält, indem sie ja dieselben in Bakteroiden umwandelt, und überhaupt über ihr Schicksal verfügt. Allein diese Auffassung lässt sich schon mit der Thatsache nicht in Einklang bringen, dass die Bakterienschläuche die Zellmembranen durchbohren, indem sie dieselben an den Berührungsstellen zum Teil auflösen, zum anderen Teil, wie schon TSCHIRCH[1]) gefunden hat, chemisch ver-

[1]) l. c. p. 75.

ändern. Auch wäre es dann unverständlich, weshalb die Bakterienschläuche in dem Bakteroidengewebe zum Teil aufgelöst werden, zum anderen Teil aber ihre Membranen beibehalten. Schliesslich zeigen die Membranen der Bakterienschläuche ein ganz anderes Verhalten gegenüber Reagentien, als die bekannten Formen der Zellmembranen. Sie werden weder mit Jod und Schwefelsäure, noch mit Chlorzinkjod blau gefärbt; die gegenteiligen Befunde VUILLEMIN's[1]) und PICHI's[2]) beruhen sicher auf einem Irrtum. Anilinfarbstoffe lassen dieselben ungefärbt, Kalilauge greift dieselben nicht an, auch den meisten Mineralsäuren gegenüber sind sie resistent; nur konzentrierte Schwefelsäure löst sie in den meisten Fällen leicht auf. Dieses Verhalten zeigen jedoch nur die dickeren, lichtglänzenden Membranen der gewöhnlichen Bakterienschläuche; die dünnen Membranen, welche die blasigen Erweiterungen der Bakterienschläuche umgeben, sind gegenüber Reagentien sehr empfindlich; sie zerfliessen zuweilen schon im reinen Wasser.

Aus diesem Verhalten gegenüber Regentien habe ich früher, als mir die wahre Natur der Knöllchenorganismen noch unbekannt war, geschlossen, dass die Schlauchmembranen die äusserste, verdichtete und erstarrte Schichte der plasmatischen Substanz des „Pilzes" bilden. In analoger Weise muss ich sie gegenwärtig für das Produkt der Bakterienkolonien erklären. Es ist bekannt, dass zahlreiche Bakterien, wenn sie zu Kolonien (Zooglaeen) sich vereinigen, mit besonderen Gallerthüllen sich umgeben, welche bei manchen Arten, wie z. B. *Ascococcus Billrothi* durch ihre Dicke und Festigkeit sich auszeichnen. Auch tritt diese Eigenschaft bei einer und derselben Bakterienart je nach den äusseren Lebensumständen in verschiedenem Grade hervor. Was nun *Bacterium Radicicola* anlangt, so bildet es in künstlichen Kulturen in der Regel keine Gallerthüllen aus, und wenn es dieselben bildet (Taf. I, Fig. 11), so sind dieselben äusserst zart und fein. Dieses Verhalten kann aber in der Pflanze ein anderes sein, da ja hier die Ernährungsbedingungen der Bakterien ganz andere sind. Auch ist es für die in der Pflanze lebenden Bakterien von Vorteil, wenn sie ihre Kolonien mit schützenden Hüllen umgeben, da sie sich dadurch der zerstörenden Einwirkung des Zellplasmas entziehen. So

[1]) l. c. p. 73.
[2]) Citiert von VUILLEMIN: ibidem.

trage ich kein Bedenken, die Membranen der Bakterienschläuche für besondere und von den Bakterien selbst erzeugte Hüllen anzusprechen, welche den Zweck haben, die in den Schläuchen eingeschlossenen Bakterien vor dem schädigenden Einfluss des Zellplasmas zu schützen. Dass die Bakterien trotzdem in das Zellplasma gelangen, lässt sich einfach dadurch erklären, dass mit der rapiden Vermehrung, welche die Bakterien im Knöllchenmeristem zeigen, die Ausbildung der „schützenden Hüllen“ nicht gleichen Schritt hält, und die zarten Membranen der grösseren „Blasen“, die schon im reinen Wasser öfters zerfliessen, der Einwirkung des Plasmas und der Zellsäfte nicht mehr widerstehen können. Die dickeren Hüllen sind dagegen dem Plasma gegenüber vollkommen resistent, wie schon daraus hervorgeht, dass man unversehrte Bakterienschläuche in allen Stadien der Entwickelung der Knöllchen in den Zellen vorfindet.

Schliesslich wäre hier noch einer Eigenthümlichkeit der Bakterienschläuche zu gedenken. Schon ältere Forscher (TSCHIRCH, BEYERINCK u. m. A.) haben die Beobachtung gemacht, dass die Bakterienschläuche in unmittelbarer Nähe der Zellkerne verlaufen, neben, zuweilen sogar um denselben. BEYERINCK hat wohl auf Grund dieser Beobachtung die Bakterienschläuche für „Überbleibsel der Kerntonnen, welche nach beendigter Zellteilung nicht vollständig zum Cytoplasma und dem Zellkerne zurückwandern“ erklärt und sie als „Schleimfäden“ oder „Kerntonnenfäden“ bezeichnet. Ob die Bakterienschläuche in der Richtung der Zellkerne wachsen oder letztere sich den ersteren nähern, lässt sich durch direkte Beobachtung nicht entscheiden. Für die erstere Annahme würde der Umstand sprechen, dass man öfters Bilder zu sehen bekommt, wo die Bakterienschläuche nach Art einer Schlinge die Zellkerne umgeben, für die letztere, dass die Zellkerne nicht stationär sind, sondern ihre Lage je nach Bedürfnissen der in den Zellen vor sich gehenden Lebensprozesse ändern. Dieser innige Zusammenhang zwischen den Zellkernen und Bakterienschläuchen beweist aber, wie ich meine, dass zwischen der Entwickelung der Bakterien und der Lebensthätigkeit der Zellen gewisse Beziehungen bestehen, die jedoch für die Zellen selbst nicht schädigend sein müssen, da dieselben in ihrer Vermehrung und sonstigen Lebenserscheinungen nicht gehemmt werden.

Nach dieser Abschweifung kehre ich zur Beschreibung der weiteren Entwickelung der Knöllchen zurück.

Sobald die Knöllchen sich soweit entwickelt haben, dass in dem Bakteroidengewebe freie Bakterien und Bakteroiden auftreten, was gewöhnlich zu einer Zeit geschieht, wo die Knöllchen die Wurzelrinde kaum durchbrochen haben, findet man in den Zellen des Bakteroidengewebes, und namentlich der „Stärkeschichte", zahlreiche Stärkekörner von verschiedener Grösse und Gestalt. Dieselben sind bald einfach, bald zusammengesetzt und zeigen, namentlich im Bakteroidengewebe, deutliche Corrosionserscheinungen.

Lundstroem[1]) war der erste, welcher diese Erscheinungen näher studierte, und dabei fand, dass die Bakteroiden bei der Auflösung der Stärke aktiv vorgehen, indem sie die Stärkekörnchen umlagern und sogar in das Innere derselben eindringen. Ich fand das gleiche sowohl bei *Trifolium*, wie bei der Erbse. Namentlich in älteren Knöllchen, deren Bakteroidengewebe sich zum Teil entleert hat, findet man in den teilweise entleerten Zellen einzelne ausgehöhlte Stärkekörner, in deren Höhlung Bakteroiden sitzen. Obgleich diese Beobachtung gar nicht ausschliesst, dass Stärke auch ohne Mitwirkung der Bakterien aufgelöst wird, so zwingt sie doch zu der Annahme, dass die Stärke hauptsächlich der Bakteroiden wegen in den Knöllchen angehäuft wird, und das Material zum Aufbau ihres Körpers liefert. In der That finden wir Stärke in sämtlichen Entwickelungsstadien des Knöllchens vor, wenngleich in verschiedener Menge und Verteilung. Im jungen, noch nicht vollständig ausgebildeten Bakteroidengewebe kommt sie stets vor, ebenso in den Meristemen der älteren Knöllchen, mit Ausnahme der paar äussersten Zelllagen. Im fertigen Bakteroidengewebe ist sie bald in allen Zellen verbreitet, bald beschränkt sich ihr Vorkommen nur auf einige zerstreut liegende Zellen; dasselbe gilt auch für entleertes Bakteroidengewebe. In dem äusseren an das Bakteroidengewebe grenzenden Parenchym, der sogen. Stärkeschichte, scheint sie nie gänzlich zu fehlen und in jungen Knöllchen ist dieses Parenchym mit Stärke vollgepfropft.

In jungen Knöllchen, welche die Rinde kaum durchbrochen haben, ist das Bakteroidengewebe schon ziemlich weit differen-

[1]) Bot. Centralbl. Bd. XXXIII, 1888, p. 185.

ziert, aber noch nicht vollständig ausgebildet. Es besteht aus Zellen, welche noch im Wachstum begriffen sind und neben zahlreichen Bakteroiden auch normale, unveränderte Bakterien sowie Übergangsformen zwischen beiden enthalten. Die Oberfläche solcher jungen Knöllchen erscheint mehlig-weiss, und Längsschnitte durch das Knöllchen lehren, dass die innere Masse noch von derselben weissen Farbe ist, wie der übrige Wurzelkörper.

In diesem Zustande verharren jedoch die Knöllchen nicht lange. Sie wachsen rasch heran, vergrössern namentlich an den Scheiteln ihren Umfang, zeigen hier oft Anfänge von Gabelungen und nehmen äusserlich eine rosenrote Färbung an. Schneidet man jetzt die Knöllchen durch, so findet man, dass das ganze innere Gewebe des Knöllchens eine dunkel fleischrote Färbung angenommen hat. Das fleischfarbene Gewebe stellt das vollständig entwickelte Bakteroidengewebe dar; die übrigen Gewebe des Knöllchens samt dem Knöllchenmeristem und dem Übergangsgewebe zwischen diesem und Bakteroidengewebe sind von gewöhnlicher weisser Farbe. Das Bakteroidengewebe besteht jetzt aus grossen und in Gestalt abgerundeten Zellen, zwischen denen grössere mit Luft erfüllte Intercellularräume verlaufen. Die Zellmembranen sind äusserst zart und dünn und geben mit Jod und Schwefelsäure Cellulosereaktion. Manche Zellen scheinen ausschliesslich mit Bakteroiden erfüllt zu sein (Taf. II, Fig. 31), in anderen sieht man zwischen den Bakteroidenmassen noch deutlich die Zellkerne, nicht selten auch Stärkekörner in grösserer Anzahl, in noch anderen tritt im Zentrum der Zellen ein grösserer Zellsaftraum und die Bakteroiden samt Plasma umgeben denselben in Form eines mehr oder weniger dicken Wandbelegs (Taf. II, Fig. 24, 25). Diese letzteren Zellen beanspruchen besondere Aufmerksamkeit, denn in ihnen vollziehen sich die Veränderungen, welche zur schliesslichen Degeneration und Auflösung der Bakteroiden führen. In diesen Zellen nimmt alsbald das Plasma samt den Bakteroiden netzige Struktur an. Wie Beyerinck und Vuillemin zuerst nachgewiesen haben, kommt die netzige Struktur durch netzartige Anordnung der Bakteroiden selbst, zu Stande. Mit dem Auftreten der netzartigen Struktur verlieren die Bakteroiden vollständig ihre Vegetationskraft und ihre Körpersubstanz erleidet chemische Umänderungen, welche ihre Auflösung durch das Zell-

plasma zur Folge haben. Die genaue Verfolgung dieser Veränderungen in den Zellen selbst ist schwer durchzuführen; bezüglich ihres Wesens habe ich schon oben (Seite 134 ff.) Angaben gemacht. Hier wäre nur zu erwähnen, dass „Bläschenbakteroiden“ jetzt noch nicht angetroffen werden; sie kommen erst später in den teilweise entleerten Zellen, wenn auch gerade nicht besonders häufig zum Vorschein. Die Auflösung erfolgt in der Weise, dass die Bakteroiden allmählich erblassen, zu mikrosomenartigen Körperchen reduziert werden und schliesslich gänzlich verschwinden.

Mit der Auflösung der Bakteroiden in den Zellen gehen die Knöllchen in das letzte Stadium ihrer Entwickelung, das der Entleerung, über. Dieses Stadium ist schon äusserlich an dem Wechsel der Knöllchenfarbe, welche aus rosenroter in eine grünlich-graue sich verwandelt, erkennbar. Die Entfärbung beginnt stets in den hinteren, ältesten Teilen des Bakteroidengewebes, an der Basis des Knöllchens, und schreitet von da gegen den Scheitel fort. Schneidet man ein solches Knöllchen der Länge nach durch, so findet man, dass das Bakteroidengewebe an der Basis grünlich, in der Mitte noch fleischfarben und am Vegetationsscheitel des Knöllchens von weisser Farbe ist. Die mikroskopische Untersuchung der basalen Partie zeigt, dass der ursprüngliche Zellinhalt aus den meisten Zellen verschwunden ist. In den entleerten Zellen findet man weder Bakteroiden, noch Plasma; sie enthalten blos grünlich gefärbten Zellsaft und „intakt gebliebene“ Bakterienschläuche (Taf. II, Fig. 31). Letztere treten jetzt sehr deutlich hervor, da sie nicht mehr von dem trüben Inhalt der Bakteroidzellen verdeckt werden. Als Überbleibsel der nicht vollständigen Entleerung werden in den meisten Fällen noch korrodierte Stärkekörner, und dann und wann, vereinzelte Bläschenbakteroiden angetroffen. Ausserdem habe ich öfters in den entleerten Zellen, eigentümliche, lichtglänzende Körperchen von weisser Farbe beobachtet, welche sich mit Jod lichtgelb färbten und in Kalilauge teilweise lösten. Weshalb diese Körper im entleerten Bakteroidengewebe bald vorkommen, bald gänzlich fehlen, weiss ich nicht zu beantworten. Ihre chemische Natur ist mir rätselhaft geblieben.

Beachtenswert ist noch der Umstand, dass das entleerte Bakteroidengewebe grosse Mengen von Luft enthält, infolge

dessen frische Schnitte durch dasselbe zuweilen fast schwarz erscheinen.

Nachdem die Bakteroidzellen sich entleert haben, fangen die in ihnen zurückgebliebenen Bakterienschläuche von Neuem zu wachsen an. Sie nehmen rasch an Umfang zu, schwellen zu grösseren und kleineren Blasen an, welche vorwiegend kugelige Gestalt zeigen und den grössten Raum der Zelle einnehmen (Taf. II, Fig. 26); nur das Centrum der Zelle bleibt von einer wasserhellen Flüssigkeit erfüllt, in der neben Resten von Stärkekörnchen zuweilen auch freie Bakterien beobachtet werden. Die blasenförmigen Anschwellungen der Bakterienschläuche sind von Membranen umgeben, welche öfters schon im reinen Wasser bersten und ihren Inhalt nach aussen entleeren. (Taf. II, Fig. 27). Der ausgetretene Inhalt besteht aus winzigen Bakterien, welche durch eine zähe, schleimige Substanz zusammengehalten werden; er behält stunden-, ja tagelang die ursprüngliche Form der Blase. Eine Belebung der Bakterien im Wasser habe ich nicht beobachtet; durch Überimpfen derselben in Nährlösungen oder Nährgelatine erhält man aber kräftig wachsende Kolonien von *Bacterium Radicicola.*

In durch Insektenfrass beschädigten Knöllchen fand ich in den hinteren, unversehrt gebliebenen Teilen des entleerten Bakteroidengewebes einige Male die Zellen mit Massen von genau kugeligen und sporenähnlichen Körperchen erfüllt (Taf. II, Fig. 28). Manche Zellen enthielten dieselben in grossen Mengen, so dass man den Eindruck von in Zellen eingeschlossenen „Sporenhaufen“, erhielt, in anderen waren sie verhältnismässig spärlich vertreten. Eine nähere Untersuchung ergab dass die sporenähnlichen Körperchen aus dem Zerfall der blasenförmigen Anschwellungen von Bakterienschläuchen hervorgingen, denn es waren alle möglichen Übergänge zwischen den ersteren und letzteren zu finden, und bei starker Vergrösserung erwiesen sich die vermeintlichen „Sporen“ als mit Bakterien erfüllt (Taf. II, Fig. 29). In meiner früheren Mitteilung habe ich sie für wirkliche Sporen des mutmasslichen Knöllchenpilzes gehalten; gegenwärtig muss ich sie für eine eigentümliche Form der mit Membranen umhüllten Kolonien von *Bacterium Radicicola* halten. Kugelige Kolonien von *Bacterium Radicicola* werden übrigens in den älteren Knöllchen von *Phaseolus vulgaris* in dem noch nicht entleerten, fleischfarbenen Bakteroidengewebe

ganz allgemein angetroffen, doch haben sie hier sehr zarte Membranen und sind von verschiedener Grösse.

Wann die Entleerung des Bakteroidengewebes beginnt und mit welcher Energie dieselbe verläuft, hängt von den näheren Bedingungen ab, unter denen die Pflanzen wachsen und sich ernähren. Welcher Art diese Bedingungen sind, davon wird im zweiten Theile dieser Abhandlung, welcher die Bedeutung des Knöllchen für das Leben der Pflanzen behandeln soll, die Rede sein. Hier mag bloss erwähnt werden, dass in einem fruchtbaren Gartenboden noch zur Zeit der Blüte die meisten Knöllchen ihre schön rosenrote Farbe behalten und an der Basis erst Spuren der Entleerung zeigen. In einem solchen Boden kann man selbst nach Ausreifen der Samen vereinzelte Knöllchen finden, deren Bakteroidengewebe fast in seiner ganzen Ausdehnung die fleischrote Farbe zeigt. Dagegen beginnt in einem sterilen Sandboden die Entleerung sehr frühzeitig, schon kurze Zeit nach beendeter Keimungsperiode; zur Zeit des Blühens sind schon die meisten Knöllchen etwa bis zur Hälfte entleert, und in der Samenreife findet man kein einziges Knöllchen mit fleischfarbenem Bakteroidengewebe. Je später die Entleerung beginnt, und je langsamer dieselbe verläuft, desto grössere Knöllchen werden ausgebildet, und desto reichlicher verzweigen sie sich. Im fruchtbaren Boden fand ich bei manchen Erbsenvarietäten (z. B. der Viktoriaerbse) zur Zeit der Blüte Knöllchen, welche beinahe haselnussgross und aus 20—30 fingerförmigen Gabelungen zusammengesetzt waren. Die sich frühzeitig entleerenden Knöllchen bleiben meistenteils in der Entwickelung sehr zurück und sind entweder einfach oder zeigen nur vereinzelte Gabelungen.

Bei den in der Natur wachsenden Pflanzen werden die Knöllchen von zahlreichen erdbewohnenden Insekten und Würmern aufgesucht und beschädigt. Ich habe öfters schon zur Blütezeit Pflanzen gefunden, an denen nicht ein einziges Knöllchen war, welches durch Insekten u. dgl. nicht angefressen wäre. Durch die beschädigten Stellen dringen nun Hyphenpilze, Monaden, Amoeben, Infusorien und gewöhnliche Fäulnisbakterien in die Knöllchen ein und vollenden das Werk der Zerstörung. Das ganze innere Gewebe des Knöllchens verwandelt sich in eine breiartige, zuweilen übelriechende Masse, und es bleibt nur die verkorkte Rinde als leerer oder mit Erdteilchen gefüllter Sack von den Knöllchen zurück.

Die Erscheinungen der Entwickelung und Entleerung des Bakteroidengewebes habe ich noch näher bei *Phaseolus vulgaris* verfolgt. Die ersten Anfänge der Differenzierung dieses Gewebes verlaufen ähnlich wie bei der Erbse. Dann findet man aber die blasenförmigen Erweiterungen der Bakterienschläuche verhältnismässig lange Zeit in den Zellen erhalten. Sie sind anfangs meistenteils schlauchförmig von verschiedener Gestalt und Grösse, später zerfallen sie in die schon mehrfach erwähnten kugelförmigen Kolonien, die ebenfalls noch von zarten Membranen umgeben sind und in Grösse sehr variieren. Nachdem die Membranen der Kolonien sich aufgelöst haben, und die Bakterien sich mit dem Zellplasma vermengten, tritt die „netzartige Struktur“ der Bakteroidzellen zum Vorschein und die Bakteroiden werden nach und nach aufgelöst und resorbiert. Die Bakteroiden werden nie gabelig, behalten zeitlebens die Form eines Stäbchens, sind oft zu zwei und mehr in kurze Ketten verbunden, und verändern sich bei beginnender Auflösung nur insoweit, als die Stäbchen sich krümmen, dann erblassen, manchmal auch stärker lichtbrechende Körnchen in ihrem Inhalte erscheinen lassen. In dem entleerten Bakteroidengewebe wachsen die zurückgebliebenen Bakterienschläuche in ähnlicher Weise, wie bei der Erbse, zu traubenförmigen Konglomeraten von „Blasen“ heran; ein Zerfallen derselben in sporenähnliche Kolonien habe ich selbst in durch Insektenfrass beschädigten Knöllchen nicht beobachtet.

Ähnlichen Konglomeraten von blasenförmigen Anschwellungen der Bakterienschläuche begegnet man in dem entleerten Bakteroidengewebe der Knöllchen von *Trifolium pratense, Vicia sativa* und *V. Faba*, *Medicago lupulina* und anderer Pflanzen; nur in den Knöllchen von Lupinen habe ich sie bis jetzt nicht beobachtet. In den beiden erstgenannten Pflanzen sind sie wahrscheinlich schon von BRUNCHORST[1]) gesehen worden.

* * *

Auf Grund der im Vorigen gegebenen Entwickelungsgeschichte der Wurzelknöllchen können wir schon jetzt sowohl über die wahrscheinliche Bedeutung dieser interessanten Bildungen, als auch über die wechselseitigen Beziehungen, welche

[1]) l. c. p. 249.

zwischen den Leguminosenpflanzen und den Knöllchenbakterien bestehen, uns eine annähernde Vorstellung machen.

Man wusste schon seit lange, dass die Bildung der Knöllchen an den Wurzeln keinerlei Nachteile für die Pflanzen mit zur Folge hat, da ja die Pflanzen, selbst bei Gegenwart recht zahlreicher Knöllchen, sich gesund, öfters sogar üppig entwickeln, und reiche Früchte und Samen tragen. Wohl auf Grund dieser Thatsache haben zahlreiche ältere Forscher die Wurzelknöllchen für normale Bildungen der Leguminosenwurzeln erklärt. Diese Anschauung hat sich nun als unrichtig erwiesen, denn die Knöllchen gehören nicht in die Organisation der Leguminosenwurzel, sondern werden auf dem Wege einer äusseren Infektion durch spezifische Bakterien hervorgebracht. Sind denn deshalb die Knöllchen als krankhafte Bildungen und die infizierenden Bakterien als Parasiten im gewöhnlichen Sinne des Wortes zu betrachten? Auf Grund der Entwickelungsgeschichte der Knöllchen muss diese Frage verneint werden.

Fassen wir die Hauptmomente der Knöllchenentwickelung zusammen und versuchen die dabei zu Tage tretenden Erscheinungen ihrem Wesen und ihrer Bedeutung nach zu würdigen.

Wir haben gesehen, dass die Knöllchenbakterien zuerst in die oberflächlichen Wurzelzellen eindringen, sich hier eine Zeit lang als freie Bakterien vermehren, dann aber sich zu Kolonien vereinigen, welche sich mit besonderen Membranen umhüllen uud so zu den „Bakterienschläuchen“ gestalten. Insoweit sie diese letzteren nicht auszubilden vermochten, büssen sie ihre Lebenskraft ein, werden von der Pflanze in „Bakteroiden“ umgewandelt und gehen zu Grunde. Die in den Schläuchen eingeschlossenen Bakterien behalten dagegen ihre Vegetationskraft, vermehren sich durch Spaltungen und dringen, immer noch, von den „schützenden Hüllen“ umgeben, in die tieferen Schichten der Wurzelrinde vor. Auf dieses Eindringen reagiert nun die Pflanze in der Weise, dass die vor den Schläuchen gelegenen Zellen sich mit Plasma erfüllen und dann durch Teilungen vermehren. Wohl infolge dieser Plasmaanhäufung werden die in den Schläuchen eingeschlossenen Bakterien reichlicher ernährt und dadurch zu gesteigerter Vermehrung veranlasst; auch mag in dieser Plasmaanhäufung der Grund dafür liegen, dass die Bakterienschläuche sich jetzt reichlicher verzweigen und ihre Verzweigungen in die plasmaerfüllten, nahrungsführenden Zellen hineinwachsen.

Hier angelangt, vermehren sich die Bakterien noch reichlicher, infolge dessen ihre Colonien sich rasch vergrössern und zu grösseren „Blasen“ anschwellen. Da jedoch die Ausbildung der schützenden Hüllen“ mit der rapiden Vermehrung der Bakterien nicht gleichen Schritt hält, so sind die in den grösseren Blasen eingeschlossenen Bakterien nicht mehr hinreichend geschützt, die zarten Hüllen der Blasen werden aufgelöst und die Bakterien treten in das Zellplasma über, wo sie früher oder später degenerieren, in für die Pflanzen verwertbare Eiweisssubstanzen übergeführt, schliesslich aufgelöst und von der Pflanze resorbiert werden. Nur die in den Schläuchen zurückgebliebenen Bakterien entziehen sich dem zerstörenden Einfluss des Zellplasmas, behalten ihre Vegetationskraft und vermehren sich nach erfolgter Resorption der Bakteroiden und des Zellplasmas in den entleerten Zellen in ausgiebigster Weise. Zu dieser Zeit sind aber die Pflanzen unter den natürlichen Lebensverhältnissen in der Mehrzahl der Fälle schon reif, ihre Wurzeln sterben ab, die Knöllchen gehen in Fäulnis über, und die in ihnen enthaltenen Bakterien gelangen in reichlich vermehrter Anzahl in den Boden, von woher sie in die Pflanzen eingedrungen waren.

Die Entwickelungsgeschichte der Knöllchen beweist also, dass die Knöllchenbakterien keine Parasiten im gewöhnlichen Sinne des Wortes sind, sondern in einem ganz anderen Verhältnis zu der Pflanze stehen. Während echte Parasiten gegenüber den Pflanzen, in die sie eingedrungen sind, sich stärker erweisen und ihre Lebenskraft mehr oder weniger schwächen, findet zwischen den Knöllchenbakterien und den Leguminosenpflanzen das gerade entgegengesetzte Verhältnis statt; die Leguminosenpflanze ist gegenüber den Bakterien die stärkere, denn sie unterdrückt das Wachstum der letzteren, vernichtet ihre Vegetationskraft und löst ihre Körper auf. Zieht man noch den Umstand inbetracht, dass die Pflanzen die durch Auflösung der Bakterienkörper gewonnenen Substanzen resorbieren und in andere Teile ihres Körpers überführen, so müssen wir aufgrund dieser Thatsache schliessen, dass durch Eindringen der Bakterien in die Wurzeln ein Nutzen für die Pflanzen erwächst, indem dadurch gewisse, für die Ernährung der Pflanzen wahrscheinlich notwendige Stoffe, gewonnen werden. In der That weisen sämtliche mit der Knöllchenausbildung verbundenen Erscheinungen darauf hin, dass es der Pflanze daran gelegen ist,

die Vermehrung der Bakterien in der Wurzel möglichst zu fördern und auf die Dauer zu sichern. So, — um nur einige wenige Momente hervorzuheben, — der Umstand, dass sie die Bakterien in der Ausbildung der schützenden Schlauchmembranen vorerst nicht stört, dass das Bakteroidengewebe, die eigentliche Vermehrungsstätte der Bakterien, das mächtigst entwickelte Gewebe des ganzen Knöllchens ist, dass an der Spitze des Knöllchens ein Meristem angelegt wird u. s. w. Auf der anderen Seite bietet das Eindringen in die Wurzeln auch für Bakterien gewisse, nicht zu unterschätzende Vorteile, indem sie, namentlich nach Entleerung des Bakteroidengewebes, sich auf Kosten der Pflanzensäfte reichlich vermehren und nach Absterben der Pflanzen in vermehrter Anzahl wieder in den Boden gelangen.

So haben wir denn in den Wurzelknöllchen eine besondere Form von symbiontischen Bildungen, welche sowohl für die dieselben erzeugenden Bakterien, als auch für die Leguminosenpflanzen von Nutzen sind. Diese Art der Symbiose ist besonders dadurch eigentümlich, dass der eine von den beiden in Gemeinschaft zusammenlebenden Organismen durch den anderen zum grossen Teil vernichtet und von ihm als „Nahrung“ aufgenommen wird. Dadurch ist aber diese Art der Symbiose von den anderen bekannten Formen symbiontischer Erscheinungen, wie uns solche in den Flechten und den Mycorhizen Frank's entgegentreten, gänzlich verschieden und als eine neue Form wechselseitiger Anpassungen von Lebewesen anzusehen.

An diese eigentümliche Form der Symbiose ist auch der anatomische Bau der Wurzelknöllchen vollkommen angepasst. Da die Leguminosenpflanze gegenüber den Bakterien die stärkere ist, so richtet sie auch ihr Zusammenleben mit Bakterien so ein, dass sie aus deren Gegenwart den grösstmöglichen Nutzen ziehe. Das für die Pflanze wichtigste Gewebe, in welchem sie die Bakterien sich vermehren lässt und gleichzeitig zu aufnehmbarer Nahrung verarbeitet, schliesst sie in der Mitte des Knöllchens ein und umgiebt dasselbe mit anderen Geweben, nach aussen aber mit einer Korkhülle, um es vor Eindringen anderer niederer Organismen und anderweitigen Beschädigungen zu schützen. Sie legt an der Spitze des Knöllchens ein Meristem an, welches durch Teilungen immer neue Lagen von Zellen und damit neue Heerde für die Vermehrung der Bakterien erzeugt,

um sich einen ununterbrochenen Zuwachs von Bakterien in dem Masse zu sichern, als sie die in älteren Teilen des Bakteroidengewebes enthaltenen Bakterien für ihre Lebenszwecke verarbeitet. Zwischen dem Bakteroidengewebe und der verkorkten Rinde bildet sie schliesslich ein reichverzweigtes System von Fibrovasalbündeln, welches augenscheinlich den Zweck hat, einerseits die für die Ernährung der Bakterien nötigen Baustoffe (Stärke !) aus den oberirdischen Organen zuzuführen, andererseits aber die durch Auflösung der Bakterienkörper gewonnenen Substanzen den oberirdischen Teilen zuzuleiten. Diese Ein- und Auswanderung der plastischen Stoffe wird dadurch ungemein erleichtert, dass die Membranen der Bakteroidzellen äusserst zart und dünn sind, und die leitenden Gewebe, vor allem Phloëm, in ihrer unmittelbaren Nähe liegen. Um schliesslich einen Mangel der zur Vermehrung der Bakterien nötigen Baustoffe vorzubeugen, wird das Bakteroidengewebe mit einer Lage von Zellen umgeben, in denen Stärke vorübergehend als Reservestoff aufgespeichert wird.

Ob die Leguminosenpflanzen aus der Symbiose mit Bakterien bloss den Nutzen ziehen, dass sie die Bakterienkörper auflösen und zur eigenen Ernährung verwenden, oder ob die Bakterien noch in anderer Weise die Lebensthätigkeit der Pflanzen unterstützen, darüber geben uns die im Vorigen dargestellten Untersuchungen noch keinen Aufschluss. Die Rolle der Bakterien in der Symbiose konnte selbstverständlich erst durch zweckmässig angestellte physiologische Versuche vollständig aufgeklärt werden. Wie diese Versuche ausgeführt waren und welche Resultate sie ergaben, darüber wird im zweiten Teile dieser Arbeit berichtet werden.

---

## Erklärung der Abbildungen.

### Tafel I.

Fig. 1. Normale Bakterien aus jungen Wurzelknöllchen der Erbse (800).

„ 2. Bakteroiden aus ebensolchen Wurzelknöllchen (800).

„ 3. Die Entwickelung normaler Bakterien *a* und Bakteroiden *b* der Erbse nach unmittelbarer Beobachtung in der feuchten Kammer. Zwischen dem ersten und letzten dargestellten Stadium sind jedesmal 6 Stunden verflossen. Die Pfeile bei den Stäbchen bedeuten, dass dieselben davongeschwärmt sind (800).

Fig. 4. Birnenförmige Bakteroiden aus älteren Knöllchen von *Trifolium pratense* (600).

„ 5. Verzweigte und zum Teil in Auflösung begriffene Bakteroiden derselben Pflanze (600).

„ 6. „Bläschenbakteroiden“ derselben Pflanze aus Knöllchen, welche mehrere Stunden im Wasser gehalten wurden (600).

„ 7. Vollständig degenerierte und in glänzende Tropfen umgewandelte Bakteroiden aus Knöllchen von *Trifolium pratense*, welche in ähnlicher Weise im Wasser längere Zeit verweilten (600).

„ 8. Bakteroiden aus jungen Knöllchen von *Medicago lupulina* (600).

„ 9. Bakteroiden aus Knöllchen derselben Pflanze, welche längere Zeit im Wasser gehalten wurden. Die dunkler gehaltenen Partieen bedeuten, dass die betreffenden Teile des Bakteroids sich mit Methylviolett gefärbt haben (600).

„ 10. In glänzende Tropfen umgewandelte Bakteroiden derselben Pflanze aus in Wasser gehaltenen Knöllchen (600).

„ 11. Zwei mit zarten Membranen umhüllte Kolonien der Knöllchenbakterien von *Phaseolus vulgaris* aus einer Kultur in der feuchten Kammer. Dieselben haben sich während der Beobachtungszeit aus ursprünglich isolierten Stäbchen gebildet und sind nach weiteren etwa 12 Stunden wieder in solche Stäbchen auseinander gefallen. Bei *b* sieht man noch die zarte Membran, aus welcher die Stäbchen herausgetreten sind (600).

„ 12. Der Scheitel eines Wurzelhaares mit einer Kolonie von Knöllchenbakterien *b* im Innern. An der Stelle, wo sich die Kolonie befindet, ist das Haar gekrümmt und seine Membran gleichwie mit Tüpfeln *(t)* besetzt (550).

„ 13. Die ersten Anfänge der Bildung eines Bakterienschlauches im Innern des Wurzelhaares. *k* die mit Membran umhüllte und an die Wurzelhaarmembran angewachsene Bakterienkolonie, *bs* der aus derselben entspringende Bakterienschlauch, *b* noch freie Bakterien um denselben. Mit dem Scheitel des Wurzelhaares mit dem Bakterienschlauche verwachsen zwei andere Wurzelhaare (400).

„ 14. Ein Wurzelhaar mit Bakterienschlauch *(bs)* und zwei anderen mit seinem Scheitel verwachsenen Wurzelhaaren. Im Innern des Bakterienschlauches sieht man zahlreiche Bakterienstäbchen. Das Präparat zuerst mit verdünnter Kalilauge, dann mit Jodtinktur behandelt (300).

„ 15. Eine Partie von Epidermiszellen und den darunter liegenden Zellen der Wurzelrinde mit einem reich entwickelten Netz von Bakterienschläuchen. *w* Wurzelhaar, *k* die Verwachsungsstelle der Bakterienschläuche mit der Membran der Wurzelepidermiszelle; bei *b* einige aus den zerdrückten Bakterienschläuchen herausgetretene Bakterienstäbchen (300).

„ 16. Eine Wurzelrindenzelle mit durch den Bakterienschlauch durchbohrten Membranen. An den Durchwachsungsstellen sind die Membranen in zwei Lamellen gespalten, und in dem so gebildeten Spalte ist der Bakterienschlauch weiter gewachsen, denselben erweiternd; *n* Zellkern (650).

„ 17. Teile eines Wurzelquerschnittes mit in die Rinde eingedrungenen Bakterienschläuchen. In der Tiefe der Rinde *(r)* fangen die Zellen an sich zu teilen. *en* Endodermis, *p* Perikambium, *ph* Phloëm (120).

Fig. 18. Das nächst weitere Entwickelungsstadium des Knöllchens. *e* Epidermis, *m* Knöllchenmeristem, *en* Endodermis, *x* Xylem, *bs* Bakterienschläuche (120).

„ 19. Ein Teil des vorigen Querschnittes stärker vergrössert. Die Erklärung der Buchstaben wie in der vorigen Figur (500).

---

## Tafel II.

Fig. 20. Ein jugendliches Knöllchen mit Anfängen der Differenzierung seiner Gewebe. *bs* Bakterienschläuche, *r* Wurzelrinde, *kr* Knöllchenrinde, *bg* Bakteroidengewebe (in der Zeichnung körnicht), *km* Knöllchenmeristem, das in der Folge sich zum Vegetationsscheitel, der „Stärkeschichte" und den Fibrovasalbündeln des Knöllchens umbildet, *en* Endodermis, *p* Perikambium, *x* Xylem (160).

„ 21. Einige Zellen des Bakteroidengewebes aus der Nähe des Vegetationsscheitels. *bs* Bakterienschlauch am unteren Ende geöffnet, mit heraustretenden Bakterienstäbchen, *v* Vacuolen, *n* Zellkern (250).

„ 22. Jugendliches Knöllchen, noch von der Wurzelrinde *r* bedeckt. *kr* Knöllchenrinde, *bg* Bakteroidengewebe, *x* Xylem, *ph* Phloëm (12).

„ 23. Querschnitt durch ein älteres Knöllchen. *bg* Bakteroidengewebe, *kr* Knöllchenrinde, *s* Stärkeschichte, *f* Fibrovasalbündel (10).

„ 24. Eine Zelle aus älterem Bakteroidengewebe mit Zellsaft *v* und netziger Lagerung der Bakteroiden im Zellplasma. Flächenansicht (550).

„ 25. Dieselbe Zelle im optischen Durchschnitt (550).

„ 26. Teil einer entleerten Zelle des Bakteroidenparenchyms mit zu kugelförmigen Blasen angeschwollenen Bakterienschläuchen (350).

„ 27. Kugelförmige und mit derberen Membranen umhüllte Bakterienkolonien, welche durch weiteren Zerfall der in voriger Figur dargestellten Blasen entstehen. Bei *x* entleerte Membranen (300).

„ 28. Ein Haufen von ebensolchen Kolonien (300).

„ 29. Einzelne kugelförmige Kolonien stärker vergrössert (600).

„ 30. Einige Zellen aus dem Bakteroidengewebe eines älteren Knöllchens von *Phaseolus vulgaris*. Bei *a* und *b* in Auflösung begriffene Bakterienschläuche. Der übrige Zellinhalt ist weggelassen (500).

„ 31. Zellen aus altem und zum Teil schon entleerten Bakteroidengewebe von *Phaseolus vulgaris*. Einige Zellen schon vollständig entleert, andere noch mit Bakteroiden erfüllt. In den entleerten Zellen treten die zurückgebliebenen Bakterienschläuche (*bs*) deutlich zum Vorschein.

Anmerkung. Mit Ausnahme der zwei letzten Figuren (30—31) beziehen sich sämtliche andere Figuren von 12—29 auf die Erbse.

---

# Die Zusammensetzung des Meeresschlicks in den neuen Alluvien des Zuiderzee (Niederlande)

von

Professor Dr. J. M. VAN BEMMELEN.

Ich hatte vor einigen Jahren Gelegenheit, eine ausführliche Untersuchung über den angeschlämmten Boden auszuführen, der nach der Trockenlegung des vormaligen Meerbusens bei Amsterdam, des Y, eingedeicht und in Kultur gebracht ist, sowie gleichfalls über die neuen Schlickschichten, welche in den letzten Jahrhunderten im Zuiderzee abgelagert sind. Es schien mir nicht unwichtig, diesen Schlick oder Schlamm, der sich äusserst fruchtbar bewährt hat, im frischen Zustande genauer kennen zu lernen, und dazu, neben den löslichen Salzen (Chloruren, Sulfaten, Carbonaten) die Zusammensetzung des colloïdalen Silikats desselben, soweit sich diese bestimmen liess[1]; solche Bestimmungen sind bis jetzt wenig gemacht worden. In Anbetracht des hohen Humusgehaltes und wegen des hohen Gehaltes des colloïdalen Silikats (und Humus) an alkalischen Basen[2]) scheint es mir, dass ein solcher ganz frischer Boden, dessen Silikat und Humus sich aus dem Meerwasser mit Kali etc. ganz oder wenigstens sehr stark gesättigt haben, ein gutes Muster ist, um zur Vergleichung mit anderen Böden zu dienen, welche kürzere oder längere Zeit kultiviert sind. Ich habe dazu einen schweren und einen leichten Thon ausgewählt.

---

[1]) Über die befolgte Methode, um nach der Behandlung der Erde mit Säuren, die freigemachte Kieselsäure zu bestimmen, siehe folgende Abhandlung.

[2]) Darunter verstehe ich immer CaO, MgO, $K_2O$ und $Na_2O$.

Die Neubildung von Thon- und Sandschichten im Zuiderzee liegt unter 2—5 m (stellenweise mehr) Wasser. In der Römerzeit war der jetzige See noch Land, grösstenteils Moor, mit vielen kleineren und einem grossen See (der Flevo-See). Nachdem diese sich in dem ersten Jahrtausend unserer Zeitrechnung allmählich ausgebreitet hatten und so viel Land verschwunden war, bis der jetzige Zuiderzee bestand, ist auf die Reste des alten Moorbodens oder auf die älteren Thon- und Sandschichten eine neue Schlammschicht abgelagert worden. Die Bildung dauert noch immer fort. Der Schlamm ist ein Thon, der allerlei Grade der Schwere (Thongehalt) darbietet, vom allerschwersten Thon (Klai) bis zum allerleichtesten; an gewissen Stellen hat sich nur Sand abgesetzt und sind Sandbänke gebildet.

In dem südlichen Busen dieses grossen Sees, besonders in den zwischen Landstrecken gelegenen Busen, z. B. im Y. bei Amsterdam, liegt ein schwerer Thon von 1—3 m Mächtigkeit.[1]) Nördlicher liegen leichtere Thonschichten und Sandbänke.

Im Folgenden gebe ich die ausführlichen Analysen von zwei Mustern Thon, eines schwereren und eines leichteren, nebst einigen Angaben über dazwischenliegende Sorten inbetreff deren Thongehaltes.

Bei diesen Analysen[2]) ist unterschieden: die Gegenwart von löslichen Salzen (Chlorure und Sulfate), die die Erde enthält, weil sie noch mit Brakwasser getränkt ist, und welche Salze bald bis auf eine kleine Menge verschwinden, nachdem der Boden trocken gelegt und kultiviert wird. Weiter ist ein Versuch gemacht, um der Zusammensetzung des amorphen (colloïdalen) Silikates nachzuspüren. Inbezug auf eine allgemeinere und vergleichende Betrachtung über die Zusammensetzung der verschiedenen Teile, welche die Ackererde zusammensetzen, verweise ich auf eine der folgenden Abhandlungen.

---

[1]) Die geologischen Verhältnisse dieses neuen Alluviums und der darunter liegenden älteren Alluvial-Schichten nach Anleitung von Hunderten von Bohrungen, aus denen ich die gesammelten Erdproben untersuchte, habe ich ausführlich behandelt in: Natuurk. Verhandeling der Kon. Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Deel XXV. 1886.

[2]) Die Analysen sind teilweise schon mitgeteilt in der citierten Holländischen Abhandlung. Jetzt ist dabeigefügt die Bestimmung des organischen Teils der Erde (Humus) und der Kieselsäure, welche in den durch verschiedene Lösungsmittel zerlegten Silikaten gebunden ist. Auch sind verschiedene andere Bestandteile auf's Neue bestimmt.

## I. Schwerer Thon (aus dem Y).

(Analyse auf Tabelle I.)

Aus diesem Thon besteht hauptsächlich die neue, im Y und im südlichen Teile des Zuiderzees abgesetzte Bodenschicht. Die untersuchten Proben waren von mir 1873—1877 an verschiedenen Orten kurz nach der Trockenlegung und Eindeichung (in verschiedenen durch Kanäle getrennten Poldern, zusammen ± 6000 ha gross) gesammelt und also noch mit Brakwasser getränkt. Die Analysen von acht Proben ergaben dieselbe Zusammensetzung; zwei davon sind auf Tab. I mitgeteilt.

1. Lösliche Salze (Chlorure u. Sulfate). Das Y-Wasser enthielt, wie das Wasser des Zuiderzees, überhaupt ungefähr ein Drittel der Salze, welche im Nordseewasser vorkommen.

In der trockengelegten Erde wurden gefunden:

| | I | II |
|---|---|---|
| Na Cl | 0,64₄ %, | 0,94₂ %, |
| $CaSO_4$ | 1,04 „ | 1,07 „ |

wenn man alles Chlor an Natrium gebunden denkt und alle Schwefelsäure an Kalk, was natürlich nicht richtig ist. Denn erstens ist es ein ungelöstes Problem, wie die Säuren (HCl, $H_2SO_4$, $CO_2$ und Humussäuren) untereinander die alkalischen Basen (CaO, MgO, $Na_2O$, $K_2O$) bei jeder Konzentration und bei jeder Temperatur teilen. Dieser Unsicherheit wegen habe ich alles Chlor an Natrium und alle Schwefelsäure an Kalk gebunden in Rechnung gebracht. In Wirklichkeit ist auch etwas Magnesia, am wenigsten Kali, an Chlor und Schwefelsäure gebunden in der Erde anwesend. Zweitens hat es sich ergeben, dass nicht alle Schwefelsäure im frischen Schlamme an die alkalischen Basen gebunden ist, denn Wasser oder verdünnte Essigsäure bringt nicht alle Schwefelsäure in Lösung:

| | Probe I $SO_3$ | Probe II $SO_3$ |
|---|---|---|
| Im wässerigen oder essigsauren Auszug . . | 0.27 | 0.21 |
| Im salzsauren Auszug . . . . . . . . . . | 0.34 | 0.42 |
| | 0.61 % | 0.63 % |

Es muss also ein Teil der Schwefelsäure zeitweilig an Eisenoxyd und Alaunerde, als sehr basisches Sulfat, gebunden sein, trotz dem hohen Gehalt der Erde an $CaCO_3$. Diese Verbindung ist wahrscheinlich aus dem Pyrit lokal gebildet, und sie muss allmählich zersetzt werden durch den kohlensauren

*(Tabelle I.)*

**Analysen von zwei Mustern**
(Schwefelsäure

**Basen und Kieselsäure im Humat und Silikat.**[1])

| Gelöst durch | Wasser | Essigsäure 1 : 5 kalt | Salzsäure von 6,5% bei 50° ½ Stunde | Salzsäure von 32% Kochhitze 1 Stunde | Schwefelsäure | Fluor-Wasserstoff |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CaO | [3]) — | 0.27 (0.12) | 0.23 (0.12) | | 0.04 | 0.06 |
| MgO | 0.06 | 0.68 (0.70) | 1.28 (1.1) | | 0.08 | 0.09 |
| $K_2O$ | 0.11 | 0.10 (0.11) | 0.97 (0.97) | | 0.66 | 0.74 |
| $Na_2O$ | [3]) — | 0.11 (0.08) | 0.1 (0.12) | | 0.15 | 0.45 |
| $Fe_2O_3$ | | wenig | 4.72 [2.1] | [2.9] | 0.23 | 0.13 |
| $Al_2O_3$ | | wenig | 6.5 [1.86] | [4.48] | 5.0 | 2.60 |
| $SiO_2$ | | wenig | [3.46] | [8.24] | 6.76 | 34.0 |
| $P_2O_5$ | | 0.04 | 0.13[2] | | | |
| Summe | 0.17 | 0.37 | 25.6 | | 12.9 | 38.0 |

Die lufttrockne Erde verliert über Schwefelsäure bei 15° 5.5[8] $H_2O$ (5.5[6])

**Organische Bestandteile und stark gebundenes Wasser.**

| | |
|---|---|
| Kohlenstoff | 4.02 % |
| Wasserstoff | 0.95[2] „ |
| Stickstoff | 0.30[7] „ |
| Glühverlust[2]) | 11.8[1] „ |

0.952 pCt. Wasserstoff entspricht 8.57 pCt. Wasser.

4.02 × 1.724 = 6.93% Humus.
11.8 Glühv. — 6.93 = 4.87% stark geb. Wasser

Wenn der Wasserstoff des Humus auf 6.0% angenommen wird stimmt diese Berechnung auf dem durch Analyse gefundenen 8.57% Wasser nämlich:

$6.93 \text{ Humus} \times \frac{6.0}{100} = 0.41^{6}$ Wasserstoff

| | |
|---|---|
| entsprechend | 3.74 Wasser |
| stark gebund. Wasser | 4.87 „ |
| Berechnet | 8.61 „ |
| Gefunden | 8.57 „ |

1) Die zwischen [ ] gestellten Zahlen gehören einer anderen Analyse an zur Bestimmung von $SiO_2$ und $Al_2O_3$ im Silikat. Die zwischen ( ) gestellte Zahlen gehören der Analyse eines zweiten Musters an.

2) Corrigiert für verflüchtigtes Kochsalz, u. für durch Schwefeleisen aufgenommenen Sauerstoff.

3) Kalk und Natron sind als Gyps und Kochsalz in Rechnung gebracht.

**schweren Meeresthon aus dem Y.**

trocken.)

| | Zusammensetzung | | Summe der Säuren und Basen | Controle-Analyse (m. FlH) — Bestandteile auf einmal bestimmt | Besondere Bestimmung des $SiO_2$ und $Al_2O_3$ im Silikat (durch Salzsäure und Schwefels. zersetzbar) | $Al_2O_3$ | $SiO_2$ | $Fe_2O_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Salze | Kohlens. Kalk | 8.39 | | | | | | |
| | Chlornatrium (0.94) | 0.64 | | | | | | |
| | Gips (1.07) | 1.04 | | | | | | |
| | Pyrit (0.47) | 0.84 | | | | | | |
| Alkal. Basen, im Humat + coll. Silikat, und im unverwitterten Silikat. | Kalk | {0.54, 0.06} | CaO (5.3) 5.73 | 5.71 | Verdün. Salzsäure (6.5%) b. 50° 1/2 Std. | 1.65 | 1.27 | 2.10 |
| | Magnesia | {2.10, 0.09} | MgO (2.1) 2.26 | 2.39 | Verdün. Kali (5 Min.) b. 50° | 0.21 | 2.19 | |
| | | | | | | 1.86 | 3.46 | |
| | | | | | Molec. | *1.8* | *5.7* | |
| | | | | | $Al_2O_3 : SiO_2$ = 1 : 3,[1] | | | |
| | Kali | {1.85, 0.74} | $K_2O$ (2.6) 2.59 | 2.57 | Starke Salzs. von 32% bei Siedh. 1 Std. | 4.38 | 0.31 | 2.9 |
| | Natron | {0.36, 0.45} | $Na_2O$ $1.12^5$ | 0.98 | | | | |
| | | | | | Verdün. Kali (5 Min.) b. 50° | 0.1 | 7.93 | |
| | | | | | | 4.48 | 8.24 | |
| | | | | | Molec. | *4.4* | *13.7* | |
| | | | | | $Al_2O_3 : SiO_2$ = 1 : 3,[1] | | | |
| Im coll. Silikat u. im unverwitt. Silikat. | Eisenoxyd | {4.95, 0.13} | $Fe_2O_3$ (5.76) 5.64 | 5.82 | Schwefelsäur. | 5.00 | | 0.2 |
| | Alaunerde | {11.5, 2.60} | $Al_2O_3$ (18.8) 14.1 | 14.0 | Verdün. Kali (5 Min.) b. 50° | — | 6.76 | |
| | Kieselsäure | {18.5, 34.0} | $SiO_2$ 52.5 | | Molec. | *4.9* | *11.3* | |
| | | | | | $Al_2O_3 : SiO_2$ = 1 : 2,[3] | | | |
| | Phosphorsäure (0.16) | $0.17^2$ | $P_2O_5$ $0.17^2$ | | | | | |
| | Humus | 6.93 | | | | | | |
| | Stark gebundenes Wasser | 4.85 | | | | | | |
| | | 100.7 | | | | | | |

Kalk, indem der Boden nach der Trockenlegung den Einwirkungen des Regenwassers ausgesetzt wird und etwas Calciumbikarbonat sich löst.

Ein weiterer Teil der Schwefelsäure war, zu Schwefel reduziert und als Pyrit anwesend, in Salzsäure unlöslich, wie dies auch der mikroskopische Befund bestätigte:

| Pyrit | I | 0.83 %. |
|---|---|---|
| | II | 0.47 „ |

Wahrscheinlich ist ein kleiner Teil dieses Schwefels nicht an Eisen gebunden, sondern im Komplex der organischen Humussubstanzen enthalten. Nach der Trockenlegung des Bodens verschwindet dieser Pyrit natürlich rasch durch Oxydation in der obersten Schicht, wo die Luft Zutritt hat, und setzt sich mit dem kohlensauren Kalk in Eisenoxyd und Gyps um. Der Polder, aus welcher die Probe I entnommen war, war nicht älter, als 4 Wochen, derjenige von Probe II drei Monate. Dass I mehr Chlor enthielt, als II, ist leicht zu erklären; der Boden I war schon trocken geworden an der Oberfläche, und hatte also Salz aus dem Untergrunde aufgesogen.

Wenn man von diesen Salzen, welche allmählich bis zu einem Minimum (0,02 Cl und $<$ 0,1 $SO_3$) verschwinden, abzieht, dann ergiebt sich, dass in diesem mittelschweren Thon enthalten sind:

2. 8 % kohlensaurer Kalk. Alle Kohlensäure ist an Kalk gebunden gedacht. In Wirklichkeit wird etwas kohlensaure Magnesia dabei sein, und dementsprechend der Kalkgehalt im Humat und Silikat höher, der Magnesiagehalt niedriger sein. (Siehe über die Kohlensäure-Bestimmung e. folgende Abhandlung).

3. Humus. — Die Erde enthält 6,9 % Humus, wovon 0,3 Stickstoff. Dieser Humusgehalt ist sehr hoch, und dementsprechend der Stickstoffgehalt; in dieser Beziehung sind die Zahlen in Übereinstimmung mit der ausserordentlichen Fruchtbarkeit des Bodens. Aus den Analysen wird ein hoher Gehalt von Wasserstoff im Humus berechnet[1]) — 6,0 %. Obgleich diese Berechnung keinen hohen Grad von Genauigkeit beanspruchen kann, so beweist sie doch, dass der Wasserstoffgehalt viel höher ist, als in dem Humus der übrigen untersuchten Kultur-Böden. Es ist merkwürdig, dass die organischen Sub-

[1]) Über diese Berechnung siehe eine folgende Abhandlung.

stanzen in einem frischen Schlick, der unter Wasser gelegen hat und eben trocken gelegt war, so wasserstoffreich sind. Der Gehalt von 6,0 % stimmt mit den höchsten Zahlen, welche EGGERTS[1]) bei seinen Untersuchungen über die Zusammensetzung der Humus- und Mullkörper gefunden hat.

4. Alkalische Basen im Humat und Silikat. — Die alkalischen Basen im Humat und im leicht zersetzbaren Silikat sind reichlich anwesend. Nach Abzug von Kochsalz und Gyps werden 1,2 bis 1,3 % Basen schon durch verdünnte kalte Essigsäure ausgezogen, also hauptsächlich aus dem Humat; dabei ist[2]) 0,2 % $K_2O$.

Unter „Humat" verstehe ich hier, wie im folgenden, nicht eine chemische Verbindung (nach einfachen Proportionen) mit einer alkalischen Basis, sondern den Komplex der Humussubstanzen, die alkalischen Basen, Eisenoxyd (Alaunerde) absorbiert halten (Absorptionsverbindungen zwischen Humus und Basen).[3])

Eine Menge von 2,3 bis 2,6 % alkalischer Basen werden darauf durch starke Salzsäure gelöst, also hauptsächlich aus dem colloïdalen Silikat; darunter 1,0 % $K_2O$.

5. Das colloïdale Silikat. — Ein Teil davon wurde durch Salzsäure zersetzt, und nachher noch ein Teil durch Schwefelsäure. Wie sich aus Tab. I ergiebt, hat verdünnte Salzsäure (bei 50° eine halbe Stunde), wie auch starke Salzsäure (bei Siedhitze eine Stunde) Alaunerde gelöst und Kieselsäure freigemacht, im Verhältnis *1* $Al_2O_3$ : *3.1* $SiO_2$. Es scheint also, dass das colloïdale durch Salzsäure zersetzbare Silikat eine ziemlich homogene Zusammensetzung hat, was diese Bestandteile anbetrifft. Das Eisenoxyd ist gewiss zum grösseren Teil im colloïdalen Silikat gebunden, denn noch nicht die Hälfte wird durch verdünnte Salzsäure in Lösung gebracht. Das durch Schwefelsäure zersetzte Silikat ist nicht reiner Thon ($Al_2O_3 . 2 SiO_2 . 2 H_2O$), sondern es ist oder es enthält auch

---

[1]) Centralblatt f. Agrikulturchemie 1889, S. 75.

[2]) Wie ich oben bemerkt habe, ist diese ganze Menge Kali in Rechnung gebracht, obgleich schon Wasser die Hälfte (0.1 %) löst, und davon also ein Teil an Chlor und Schwefelsäure gebunden ist.

[3]) S. darüber: die Absorptionsverbindungen u. s. w. § 3. Die Humussubstanzen — dies Journal 1888, XXXV. S. 108—115.

ein Kali-Natron-Silikat, worin Kalk und Magnesia gegen die Alkalien zurückstehen:

| | $Al_2O_3$ | $K_2O$ | $Na_2O$ | $MgO$ | $CaO$ | $SiO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| % | 5.0 | 0.66 | 0.15 | 0.08 | 0.04 | 6.76 |
| Mol. | *4.9* | *0.7* | *0.2* | *0.2* | *0.07* | *11.3* |
| 4.9 | *1* $Al_2O_3$ | *0.15* $K_2O$ | *0.04* $Na_2O$ | *0.04* $MgO$ | *0.02* $CaO$ | *2.3* $SiO_2$ |

In diesem Silikat ist das Verhältnis des $Al_2O_3 : SiO_2$ = *1* : *2.3*, nähert sich also in dieser Hinsicht der Zusammensetzung des reinen Thons: $Al_2O_3 . 2\ SiO_2$.

Man muss dabei beachten, dass durch Schwefelsäure auch eine kleine Menge der unverwitterten (also krystallinischen) Silikate zersetzt werden kann, die reicher an Kieselsäure sind, und dass dadurch 2 $SiO_2$ steigen kann bis 2.3 $SiO_2$.

Zweitens muss man beachten, dass durch Salzsäure und Schwefelsäure keine absolute Trennung von bestimmten Silikaten erreicht wird. Die Menge Silikat, welche durch Salzsäure zersetzt wird, hängt von der Stärke der Säure, von der Temperatur und von der Dauer der Einwirkung ab. [1])

---

[1]) Die Zahlen von Analyse Y-Thon I und II und andere die ich früher erhalten habe, zeigen, dass nachdem längere Zeit und wiederholte Male mit Salzsäure ausgekocht wurde, etwas mehr Silikat zersetzt wurde:

| | Alaunerde. | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Y-Thon: | | | Y-Thon noch schwerer als der vorige |
| | Salzsäure verschiedener Stärke nacheinander | 1 Stunde starke Salzsäure heiss | Längere Zeit starke Salzsäure heiss | |
| Sehr verdünnte Salzs. bei 50° | 1.9 % | 6.3—6.5 % in drei Versuchen | 7.1 % | 6.9 % |
| Halb „ „ bei Kochhitze . . . . . | 3.3 „ | | | |
| Starke Salzs. bei Kochhitze | 1.6 „ | | | |
| Idem, wiederholt . . . | 1.2 „ | | | 0.8 „ |
| Schwefelsäure, heiss . . | 3.5 % | 5.0 % | 4.3 % | 4.5 % |
| Sa. | 11.5 % | 11.4 % | 11.4 % | 12.2 % |

Die Mengen betrugen:

| | $Al_2O_3$ u. $SiO_2$ | Alkal. Basen | $Fe_2O_3$ | Summa |
|---|---|---|---|---|
| Zersetzt durch verdünnte Salzsäure (6.5 % bei 50° ½ Stunde) . . . . . | 5.32 | 3.9 | 2.1 | |
| Zersetzt durch starke Salzsäure (32 % bei Kochhitze 1 Stunde) . . . | 12.72 | | 2.9 | |
| Sa. | 18.04 | 3.9 | 5.0 | 27.1 |
| Zersetzt durch heisse Schwefelsäure . . . . . . | 11.76 | 0.9 | 0.2 | 12.9 |
| Sa. | 29.8 % | 4.8 % | 5.2 % | 40 % Thon. |

Werden die alkal. Basen aus dem durch Salzsäure zersetzbaren colloïdalen Silikate und aus dem 6.9 % Humus auf 100 Teile dieses Silikats und Humats berechnet, dann ergiebt sich, wie stark dieses Silikat-Humat mit diesen Basen gesättigt ist.

| | $K_2O$ | $Na_2O$ | $CaO$ | $MgO$ |
|---|---|---|---|---|
| In 27 % durch Salzsäure zersetzbares Silikat und 6.9 % Humus | 1.2 % | 0.2 % | 0.5 % | 2.0 % |
| Also auf 100 Teile | 3.5 | 0.6 | 1.5 | 6.0. |
| Auf 12.9 % durch Schwefelsäure (nach Salzsäure) zersetzbares Silikat | 0.6⁶ % | 0.1⁵ % | 0.04 % | 0.08 % |
| Also auf 100 Teile | 5.1 | 1.2 | 0.3 | 0.6. |

Die Zahl 6.0 für die Magnesia ist freilich zu hoch, und die Zahl 1.5 für den Kalk dementsprechend zu niedrig; denn ein Teil dieser Magnesia muss an Kohlensäure gebunden sein, wie oben auseinander gesetzt ist. — Die hohen Zahlen für Kali und Magnesia springen hier ins Auge, und entsprechen der Fruchtbarkeit des Bodens.

---

Von der Stärke der Salzsäure und der Wiederholung des Extrahierens hängt also ab, wie viel colloïdales Silikat schon durch Salzsäure zersetzt wird und wie viel Kali dadurch in Lösung kommt. Das Eisenoxyd wird durch halbverdünnte Salzsäure schon grösstenteils gelöst.

Das angeführte Muster Y-Thon in der letzten Spalte obiger Tabelle habe ich einem am Ufer des Y's gelegenen Stück Landes entnommen, das ausserhalb der alten Deiche sich befand und also früher nur bei hoher Flut überschwemmt wurde.

6. Wasser. — Die lufttrockne Erde (in beiden Proben) verliert über Schwefelsäure 5.5 % Wasser. Mit Wasser getränkt kann sie ungefähr ihr eigenes Gewicht an Wasser aufgesogen halten.

Die Schwefelsäure-trockne Erde enthält ungefähr 4.9 % stark gebundenes Wasser, welche Zahl aus dem (korrigierten) Glühverlust und dem berechneten Humusgehalt berechnet ist, und also eine hohe Genauigkeit nicht beanspruchen kann [1], jedoch keinen grossen Fehler einschliesst. Dieses Wasser stammt gewiss zum kleinen Teil aus dem Humus, übrigens aus dem coll. Silikat. Seine Menge steht also im Zusammenhang mit der Menge des coll. Silikats (27.1 + 12.9 = 40 %). Bei 100 ° im trocknen Luftstrom wird ungefähr 1 % davon ausgetrieben, bei Erhöhung der Temperatur allmählich mehr; das letzte erst bei hoher Temperatur [2]). Zählt man dazu noch die 4.9 % stark gebundenes Wasser, so kann die Menge Thon gleich 45 % gesetzt werden. Nach Abzug der 10.5 % Chlorure, Sulfate, Karbonate, Schwefel stellt sie sich dann auf

$$45 \times \frac{100}{89.5} = 50\,\%.$$

7. Phosphorsäure. — Die Menge Phosphorsäure beträgt 0.17—0.16, wovon 0.04 schon durch verdünnte kalte Essigsäure löslich wird. Selbst in frischem Schlick ist also die Phosphorsäure grösstenteils im colloïdalen Silikat stark genug gebunden, und nicht frei als Calciumphosphat, so dass diese Menge durch eine verdünnte Säure in der Kälte nicht gelöst wird.

8. Quarz und unlösliche Silikate. — Dieser Teil besteht aus Quarz und im übrigen aus einem feldspathartigen Silikat. Das beweisen die hohen Zahlen des $K_2O$ und $Na_2O$ gegenüber den niedrigen Zahlen der MgO, sowie des CaO und Eisenoxyds (oder FeO):

| | $Al_2O_3$ | $K_2O$ | $Na_2O$ | CaO | MgO | $Fe_2O_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gefunden in % | 2.6 | 0.14 | 0.45 | 0.06 | 0.09 | 0.13 |
| Molec. | *2.5⁵* | *0.8* | *0.7* | *0.1* | *0.2* | *0.1* (als FeO). |

Also sind auf 2.5⁵ Mol. $Al_2O_3$ ungefähr 2 Mol. alkal. Basen anwesend. Berechnet man die daran gebundene Kiesel-

[1]) Über diese Bestimmungs-Methode siehe eine folgende Abhandlung. Bis jetzt sind noch wenig solche Bestimmungen gemacht. Loges (diese Zeitschrift 1883, Seite 235) fand in 6 Proben Meeresschlick und Marschboden (bei 140 ° getrocknet) 1—2 %.

[2]) Chatelier hat darüber Angaben gemacht. Cpt. Rd. Bd. 104, p. 1517.

säure auf $2.5^{6} \times 6$ Mol. nach der Formel des Feldspaths, so stellt sie sich auf $9.1^{8}$ % und bleibt für Quarz übrig $25.3^{6}$ %.

Die Körnergrösse dieses unlöslichen Teiles der Erde wurde mikroskopisch gemessen. Sie beträgt:

| | | |
|---|---|---|
| im Mittel | 0.05 | mm Durchmesser, |
| „ Maximum | 0.135 | „ „ |
| „ Minimum | 0.003 | „ „ |

Die Zusammensetzung des Y-Thons lässt sich aus dem vorhergehenden aufstellen, wie folgt:

| Bestandteil | | |
|---|---|---|
| Bestandteile, die grösstenteils bald ausgewaschen werden [1]: Sulfate | ± 1.0 | |
| Chlorure | 0.6—0.8 | |
| Pyrit | 0.5—0.8 | |
| Kohlensaurer Kalk | 8.2 | |
| Phosphorsäure | 0.17 | |
| Humus | 6.9 | (0.3 Stickstoff) |
| Coll. Silikat durch Salzsäure zersetzbar | 27.1 | 4.1 alkal. Basen (dabei 1.2 % Kali) 5.0 Eisenoxyd. Verhältnis von $Al_2O_3 : SiO_2$ = *1 : 3.1.* |
| Silikat durch Schwefelsäure zersetzbar | 12.8 | 0.9 alkal. Basen. Verhältnis von $Al_2O_3 : SiO_2$ = *1 : 2.3.* |
| Stark gebundenes Wasser | 4.8 | |
| Unzersetzte Silikate | ± 13.2 | 8 % bei der Schlämmung zurückbleibend. |
| Quarz (grösstenteils sehr feinkörnig) | ± 25.3 | |
| | 100.6 | |

Durch Schlämmen nach der Methode Schlösing wurden Zahlen erhalten, die ziemlich gut mit den obigen, durch genaue Analyse erhaltenen übereinstimmen. Die Erde wurde erst mit sehr verdünnter kalter Salzsäure von Chloruren, Sulfaten und Karbonaten befreit, und dann nach der bekannten Methode geschlämmt. Es wurde erhalten (alles wasserfrei gerechnet):

| Durch Schlämmung | | | Nach der Analyse | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Schwebend | 46 % | | 40 % | Thon | |
| Innerhalb 24 Stunden sich senkend | 27 „ | 35 % | ± $13^{2}$ „ | unverwitterte Silikate | $38^{5}$ % |
| Zurückbleibend | 8 „ | | ± $25^{3}$ „ | Quarz | |
| | 81 %. | | $78^{5}$ %. | | |

[1]) Das Eisen des Pyrits bleibt nach dessen Oxydation als Eisenoxyd in der Erde.

## II. Leichterer Meeresthon.

(Analyse auf Tabelle II.)

Wie oben schon mitgeteilt, ist das untersuchte Muster im Zuiderzee gesammelt zwischen Medemblik und der Insel Wieringen gelegentlich der dort von mir angestellten zahlreichen Grundbohrungen. Die Erde war also mit Brakwasser getränkt. (S. Tab. II.)

Die folgende Zusammenstellung der Resultate der Analysen giebt ein Bild der Zusammensetzung dieser Erde, die als ein Typus des leichteren Thons zu betrachten ist:

| Bestandteil | | Menge | |
|---|---|---|---|
| Bestandteile, die grösstenteils und bald ausgewaschen werden.[1] | Sulfate | 0.7 | |
| | Chlorure | 0.7 | |
| | Pyrit | 1.5 | |
| Kohlensaurer Kalk | | 12.1 | |
| Phosphorsäure | | 0.11 | |
| Humus | | 3.2 | |
| Coll. Silikat durch Salzsäure zersetzbar | | 14.9 | Dabei: 3.0 Alkal. Basen (0.5 $K_2O$). 2.0 Eisenoxyd. Verhältnis $Al_2O_3 : SiO_2$ = *1* : ± *5.0*. |
| Silikat durch Schwefelsäure zersetzbar | | 6.1 | Dabei: 0.5 Alkal. Basen. Verhältnis $Al_2O_3 : SiO_2$ = *1* : ± *2.4*. |
| Stark gebundenes Wasser | | ± 2.0 | |
| Unzersetzte Silikate | | ± 16.1 | |
| Quarz | | ± 43.1 | |
| | | 100.5 | |

Nach der zweiten Analyse, bei welcher die Erhitzung mit heisser Schwefelsäure stärker gewesen ist, wurde statt der letzten Zahlen erhalten:

| | |
|---|---|
| Coll. Silikat durch Schwefelsäure zersetzbar | 7.9 % |
| Unzersetzte Silikate . . . . . . . . . . | ± 14.0 „ |
| Quarz . . . . . . . . . . . . . . . . | ± 43.6 „ |

Die Zahl für die Menge des durch Schwefelsäure zersetzbaren Silikats ist also auf 1 bis 2 % schwankend. Durch fortgesetzte Digestion muss schon etwas unverwittertes Silikat zersetzt werden.

L ö s l i c h e S a l z e. — In diesem leichten, unter 3—4 m Brakwasser abgelagerten Meeresthon ist die Menge Chlorure be-

[1] Das Eisen des Pyrits bleibt zurück als Eisenoxyd.

deutend; viel Sulfat ist reduziert und dementsprechend Pyrit (1.5 %) gebildet. In den tieferen Schichten der Thonablagerung ist diese Menge noch grösser, wie ich oft beobachtet habe. Die Menge von 1.5 % Pyrit ist grösser, als die im Y-Thon gefundene, wie sich erwarten liess, weil der letztere schon eine kurze Zeit trockengelegt und also der Luft ausgesetzt worden war. Dementsprechend ist das Sulfat in dem jetzt besprochenen Thon fast ganz im Wasser löslich, wie die folgenden Bestimmungen lehren:

| | | |
|---|---|---|
| durch Wasser gelöst . . . . . | 0.35 % | $SO_3$ |
| „ verdünnte Essigsäure gelöst | 0.33 „ | „ |
| „ Salzsäure gelöst . . . . | 0,39 „ | „ , |

während dagegen in den Proben Y-Thon, nach der Behandlung mit Wasser, durch Salzsäure noch eine gewisse Menge $SO_3$ in Lösung kommt, was aus dem Pyrit örtlich entstanden und zeitweilen noch als basisches Ferrisulphat anwesend ist (s. oben S. 239).

Wie sich erwarten liess, enthält der wässerige Auszug so viel Chlor, dass das Natron dafür nicht ausreicht; ich habe darum auch Chlormagnesium in Rechnung gebracht.

Colloid-Silikat. — Dieser leichtere Thon enthält weniger durch Salzsäure und durch Schwefelsäure zersetzbares Silikat und entsprechend weniger Eisen, als der schwere Y-Thon.

| | enthalten $Al_2O_3 + SiO_2$ | im Molekular-Verhältnis $Al_2O_3 : SiO_2$ |
|---|---|---|
| Die ± 6 % coll. Silikat[1]) durch verd. Salzsäure zersetzt (eine halbe Stunde bei 50°) . . . . . . . . . . . . | 3.35 % | 1 : 4⁸ |
| Die ± 9 % coll. Silikat[1]) durch konz. Salzsäure zersetzt (bei Kochhitze 1 Stunde) . . . . . . . . . . . . | 6.54 „ | 1 : 4⁸ |
| Die ± 8 % Silikat[1]) durch Schwefelsäure zersetzt[2]) (heiss) . . . . . | 7.2 „ | 1 : 2⁴ |

[1]) Die ganze Menge alkal. Basis, die nicht an mineralische Säuren gebunden ist, und die also auch teilweise im Humat gebunden ist, ist hinzugezählt; sowie auch das gelöste Eisenoxyd.

[2]) Dass die Schwefelsäure auch einen kleinen Teil des unverwitterten, krystallinischen Silikats zersetzen kann, und dass dieses kieselsäurereicher ist, habe ich schon S. 244 bemerkt. Das gilt auch für die Bodenanalysen in einer folgenden Abhandlung.

*[Tabelle II.]*

**Leichter Meeresthon**

(Schwefelsäure

**Basen und Kieselsäure im Humat und Silikat.**[1])

<table>
<tr><th rowspan="2">Gelöst durch</th><th rowspan="2">Wasser [1])</th><th rowspan="2">Essigsäure 1 : 5 (kalt)</th><th colspan="2">Salzsäure</th><th rowspan="2">Schwefelsäure</th><th rowspan="2">Fluor-Wasserstoff</th></tr>
<tr><th>von 6,5% bei 50° 1/2 Stunde</th><th>von 32% Kochhitze 1 Stunde</th></tr>
<tr><td>$CaO$</td><td>0.28</td><td>0.39</td><td colspan="2">0.33</td><td>0.05</td><td>0.04</td></tr>
<tr><td>$MgO$</td><td>0.11</td><td>0.25</td><td colspan="2">0.85</td><td>0.10</td><td>0.06</td></tr>
<tr><td>$K_2O$</td><td>0.06</td><td>$0.14^5$</td><td colspan="2">0.39</td><td>0.28</td><td>0.88</td></tr>
<tr><td>$Na_2O$</td><td>—</td><td>0.05</td><td colspan="2">$0.15^5$</td><td>0.05</td><td>0.64</td></tr>
<tr><td rowspan="2">$Fe_2O_3$</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">0.05</td><td colspan="2">1.97</td><td rowspan="2">0.19</td><td rowspan="2">0.12</td></tr>
<tr><td>[0.82]</td><td>[1.0]</td></tr>
<tr><td rowspan="2">$Al_2O_3$</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">0.08</td><td colspan="2">2.47</td><td rowspan="2">2.26 [3.0]</td><td rowspan="2">3.23 [2.7]</td></tr>
<tr><td>[0.77]</td><td>[1.73]</td></tr>
<tr><td>$SiO_2$</td><td></td><td>[0.17]</td><td>[2.23]</td><td>[4.81]</td><td>[4.2]</td><td>[53.6]</td></tr>
<tr><td>Summe</td><td>0.45</td><td>1.1</td><td colspan="2">13.2</td><td>7.1</td><td>58.6</td></tr>
</table>

**Organische Bestandteile und stark gebundenes Wasser.**

<table>
<tr><td>Die lufttrockne Erde verliert über Schwefelsäure bei ± 15° 3.1% $H_2O$.</td>
<td>Kohlenstoff 1.89 %<br>Wasserstoff $0.39^7$ „<br>Stickstoff $0.15^5$ „<br>Glühverlust [2]) ± 5.26 „<br><br>$0.39^7$ pCt. Wasserstoff entspricht 3.57 pCt. Wasser.</td>
<td>Glühverlust ± 5.26 %<br>1.89 × 1.724 = 3.25 „ Humus.<br>Also stark geb. Wasser = ± 2.0 %.<br>Wenn der Wasserstoff des Humus zwischen 5 und 6% angenommen wird, stimmt diese Berechnung annähernd auf das bei der Analyse gefundene Wasser.<br>3.25×5 bis 6 % H = 0.16 bis 0.19 % H<br>entsprechend: 1.45 bis 1.71 „ $H_2O$<br>Starkgebundenes Wasser 2.0 %<br>Zusammen 3.45 bis 3.71 % $H_2O$<br>Gefundenes Wasser 3.57 % $H_2O$.</td></tr>
</table>

[1]) Die zwischen [ ] gestellten Zahlen gehören der Analyse zur Bestimmung der $SiO_2$ und der $Al_2O_3$ im Silikat.

[2]) Korrigiert für verflüchtigten Schwefel, Chlorur, und für durch das Schwefeleisen aufgenommenen Sauerstoff.

**aus der Zuidersee.**

trocken.

| | Zusammensetzung | | Summe der Säuren und Basen | Auf einmal bestimmt (d. Lösung der Erde in FlH) |
|---|---|---|---|---|
| Salze | Kohlens. Kalk | 12.13 | | |
| | Chlornatrium | $0.58^{5}$ | 5.34 $CO_2$ | |
| | Chlormagn. | 0.13 | 0.45 Cl | |
| | Gips | $0.68^{5}$ | 0.40 $SO_3$ | |
| | Pyrit | 1.48 | 0.79 S | |
| Alkal. Basen i. Humat u. Silikat u. im unverwitterten Silikat | Kalk | 1.05<br>0.04 | 8.19 CaO | 8.10 |
| | Magnesia | 1.31<br>0.06 | 1.42 MgO | 1.47 |
| | Kali | $0.87^{5}$<br>0.88 | 1.76 $K_2O$ | 1.80 |
| | Natron | $0.25^{5}$<br>0.64 | 1.20 $Na_2O$ | 0.90 |
| Im coll. Silikat und im unverwitterten Silikat | Eisenoxyd | 2.21<br>0.12 | 3.33 $Fe_2O_3$ | 3.51 |
| | Alaunerde | 4.79<br>3.23 | 8.02 $Al_2O_3$ | 7.91 |
| | Kieselsäure | 11.4<br>53.6 | 65.0 $SiO_2$ | 64.6 |
| | Phosphorsäure | 0.11 | 0.11 $P_2O_5$ | |
| | Humus | 3.25 | 3.25 Humus | |
| | Stark geb. Wasser | +2.0 | 2.0 $H_2O$ | |
| | | 100.8 | 101.26<br>0.4 Sauerst. | |
| | | | 100.86 | |

| Besondere Bestimmung der $SiO_2$ und $Al_2O_3$ im Silikat | $Al_2O_3$ | $SiO_2$ | $Fe_2O_3$ |
|---|---|---|---|
| Verd. Essigsäure (kalt) | 0.08 | 0.08 | 0.05 |
| Verd. Kali b. 50° (5 Min.) | Spur | 0.09 | |
| Verd. Salzsäure (6.5%) b. 50° (1/2 Std.) | 0.77 | 0.78 | 0.82 |
| Verd. Kali b 50° (5 Min.) | Spur | 1.45 | |
| Summe | 0.85 | 2.40 | |
| Molec. | *0.83* | *4.0* | |
| $Al_2O_3 : SiO_2 = 1 : 4^{8}$ | | | |
| Starke Salzs. (32%) b. Siedhitze (1 Std.) | 1.73 | 0.3 | 1.0 |
| Verd. Kali b. 50° (5 Min.) | Spur | 4.5 | |
| Summe | 1.73 | 4.8 | |
| Molec. | *1.7* | *8.0* | |
| $Al_2O_3 : SiO_2 = 1 : 4^{8}$ | | | |
| Schwefels. (heiss) | 3.0 | Spur | 0.2 nach Abzug des Eisens i. Pyrit |
| Verd. Kali b. 50° (5 Min.) | Spur | 4.2 | |
| Summe | 3.0 | 4.2 | |
| Molec. | *2.9*[4] | *7* | |
| $Al_2O_3 : SiO_2 = 1 : 2^{4}$ | | | |
| Fluorwasserst. | 2.7 | 53.6 | 0.1 |
| Summe im Ganzen | 8.2% $Al_2O_3$ | 65.0% $SiO_2$ | 2.2% $Fe_2O_3$ |
| Auf einmal best. durch Lösung der Erde in Fluorw. | 7.9% | 64.6% | 2.49% nach Abzug des Eisens i. Pyrit |

Es ist merkwürdig: erstens, dass das durch Salzsäure zersetzbare Silikat so viel kieselsäurereicher (*4.8* $SiO_2$), also weniger basisch ist, als dasselbe im schweren Y-Thon (*3.1* $SiO_2$); zweitens, dass wieder das Molekul-Verhältnis von $Al_2O_3 : SiO_2$ in den beiden Portionen, durch verdünnte und nachher durch konzentrierte Salzsäure zersetzt, das nämliche ist. Das durch Schwefelsäure zersetzbare Silikat enthält, wie im Y-Thon, Alaunerde und Kieselsäure in einem Verhältnis, das sich der Formel $Al_2O_3 . 2\, SiO_2$ nähert.

Die Menge alkal. Basen, besonders $K_2O$ und $MgO$, im Humat und coll. Silikat betragen weniger, als im schweren Thon, was dem geringeren Gehalt an Humus und an coll. Silikat entspricht; jedoch die Sättigung derselben mit alkal. Basen ist ungefähr dieselbe (s. S. 245).

| | $K_2O$ | $Na_2O$ | $CaO$ | $MgO$ |
|---|---|---|---|---|
| In ± 18 pCt. coll. Silikat durch Salzsäure zersetzt + Humat | 0.6 % | 0.2 % | 1.0 % | 1.2 % |
| Also auf 100 Teilen coll. Silikat + Humat | 3.3 „ | 1.1 „ | 5.5 „ | 6.6 „ |

Das gilt auch für das durch Schwefelsäure zersetzte Silikat:

| | $K_2O$ | $Na_2O$ | $CaO$ | $MgO$ |
|---|---|---|---|---|
| In 6.1 % Silikat durch Schwefelsäure zersetzt | 0.28 % | 0.05 % | 0.05 % | 0.1 % |
| Also auf 100 Teilen Silikat | 4.6 „ | 0.8 „ | 0.8 „ | 1.6 „ |

Die unverwitterten Silikate bestehen wohl hauptsächlich aus feldspathartigen Mineralienfragmenten. Denn sie enthalten auf 3.1 Mol. $Al_2O_3$ . . . 2.3 Mol. Alkal. Basen, worunter 2 Mol. Kali und Natron. Berechnet man für diese Menge Alaunerde 6 Mol. $SiO_2$, dann beträgt die Menge 16 %, und bleiben 43 % Quarz übrig. Diese Menge Quarz ist fast das doppelte des im schweren Y-Thons vorhandenen, und auch grobkörniger.[1])

Die mikroskopische Messung der Körner (unverwitterte Silikate und Quarz) ergab: im Mittel 0.12 mm, im Maximum 0.36 mm, im Minimum 0.003 mm Durchmesser.

---

[1]) Die Schlämmung nach der Methode Schlösing ergab ein Resultat, das sich von der Analyse nicht weit entfernt. (Alles wasserfrei gerechnet):

| Nach der Analyse: | | | Nach der Schlämmung: |
|---|---|---|---|
| durch Salzsäure zersetztes Silikat | 14.9 | 21 | 20 schwebend |
| durch Schwefelsäure zersetztes Silikat | 6.1 | | |
| Mineralienfragmente | ± 16.1 | $59^2$ | 61: $14^5$ bald sich senkend |
| Quarz | ± 43.1 | | $46^5$ zurückbleibend |
| | | 80 % | 81 % |

Auch der Humusgehalt, der Eisengehalt im coll. Silikat und der Gehalt an starkgebundenem Wasser entsprechen dem geringeren Thongehalt, bei Vergleichung mit dem Y-Thon, wie aus der folgenden Übersicht erhellt:

| | Coll. Silikat durch Salzs. zersetzt. | Coll. Silikat durch Schwefelsäure zers. | Humus. | Stark gebundenes Wasser. | Eisenoxyd[1]) d. Salzs. gel. |
|---|---|---|---|---|---|
| Schwerer Meeresthon | 27.1 % | 12.9 % | 6.9 % | ± 4.3 % | 5.5 % |
| Leichter Meeresthon | 14.9 „ | 6.1 „ | 3.2 „ | ± 2.0 „ | 3.0 „ |
| Verhältnis | 1 : 0.4⁷ | 1 : 0.5⁵ | 1 : 0.4⁷ | 1 : 0.4⁷ | 1 : 0.5⁵ |

Schliesslich mache ich noch darauf aufmerksam, dass ich zur Kontrolle die Gesamtmenge an $K_2O$, $Na_2O$, CaO, MgO, $Al_2O_3$, $Fe_2O_3$ in ein und derselben Lösung der mit Fluorwasserstoff aufgeschlossenen Erde bestimmt habe. Wie aus der Tabelle I auf Seite 241 und Tabelle II auf Seite 251 (s. die 3. und die 4. Spalte) ersichtlich ist, stimmen die erhaltenen Werte sehr gut mit den Summen derjenigen Zahlen überein, die aus den Bestimmungen in den verschiedenen nacheinander erhaltenen Auszügen sich ergaben.

---

## III. Verschiedene andere Proben Thon aus der Zuiderzee.

Wie schon oben gesagt, liegen im Zuiderzee (wie in den übrigen Meerbusen an den Niederländischen Küsten) neu abgelagerte Thon- und Sand-Schichten, die alle möglichen Abstufungen von Thongehalt aufweisen, von sehr schwerem Thone bis zum reinen Meeressand. Meine Bestimmungen (von ungefähr 40 Proben von verschiedenen Orten) ergaben, dass der Gehalt an Sand (Quarz + unverwitterte Silikate) wechselt zwischen 25 und über 90 %, nämlich:

| | |
|---|---|
| bei der Schlämmung zurückbleibend . . . . . . . . . . | 5 bis 90 pCt. |
| „ „ „ kürzere Zeit schwebend . . . . . | 20 bis sehr wenig |
| | 25 bis 90 pCt. |

[1]) Das Eisen des Pyrits dazu gezählt.

Mit dem Gehalt an coll. Silikat (eigentlicher Thon) hält der Gehalt an Humus, an in Salzsäure löslicher Alaunerde, an Kali und Magnesia[1]) im coll. Silikat gleichen Schritt; wie das bei den zwei ausführlich untersuchten Proben schon erwiesen ist.

| | | 4 Proben schweren Thones. | 3 Proben leichteren Thones. | 2 Proben leichten und leichtesten Thones. | 3 Proben Meeressand. |
|---|---|---|---|---|---|
| gelöst durch heisse conc. Salzsäure. | $Al_2O_3$ | ±6 | 5—3 | 2.5—2 | |
| | $K_2O$ | ±1 | 0.8—0.7 | 0.5—0.4 | ±0.1 |
| | MgO | 2.0—1.5 | ±1.0 | ±0.7 | ±0.1 |
| Glühverlust (unkorrigiert) | | ±9 | 7—6 | 5—3 | Gering |

Kohlensaurer Kalk ist in allen anwesend, von 20 bis 5°/₀ (die Muschelschalen-Fragmente nicht mitgerechnet). Im Meeressand beträgt die Menge oft noch weniger.

Die Schichten, welche aus einem Gemisch von Moorsubsubstanz (aus den älteren teilweise verschwundenen Schichten abstammen) mit neuem Meeresschlick bestehen, lasse ich hier ausser Betrachtung[2]).

Mit dem schweren Y-Thon kommt der Thon in den neuen Dollard-Poldern[3]), wie auch der Schlick im Lauwersee (zwischen Friesland und Groningen), und der Schlick der Weser und der Jahde[4]) überein.

Leiden, 1. Dezember 1889.

[1]) Die Mengen Kalk und Natron im coll. Silikat sind zu gering, um dabei inbetracht gezogen zu werden.

[2]) S. darüber ausführlicher: Bijdragen tot de kennis . . . u. s. w. Seite 16—21.

[3]) Landw. Vers.-Stat. Bd. VIII S. 259.

[4]) S. die Analysen von Fleischer in Cbl. f. Agric.-Chemie 1885. XIV S. 245.

# Die Zusammensetzung des vulkanischen Bodens in Deli (Sumatra) und in Malang (Java), und des Fluss-Thonbodens in Rembang (Java), welche für die Tabakskultur benutzt werden.

Von

Prof. Dr. J. M. VAN BEMMELEN - Leiden.

Wie in einer folgenden Abhandlung ausführlicher mitgeteilt werden soll, hat sich in der Landschaft Deli auf Sumatra, seit den letzten zwanzig Jahren, eine sich immer mehr ausbreitende Tabakskultur entwickelt, die ein vorzügliches Produkt erzielt.

Die Kultur findet auf dem mit Wäldern bedeckten Urboden statt. Dieser Boden hat sich nach dem Niederlegen des Waldes als höchst fruchtbar erwiesen. Einige Muster dieses Bodens habe ich untersucht; zwei davon ausführlich.[1])

Zur Vergleichung ziehe ich die Analysen der von mir untersuchten Böden aus Malang (Java) heran, die vorzüglichen Tabak hervorbringen, sowie diejenigen von dem Boden aus der Residenz Rembang (Java) der früher vorzüglichen Tabak getragen hat, aber später ein schlechtes Produkt hervorgebracht.

---

[1]) Ich verdanke diese Muster, wie auch viele Mitteilungen über die Tabakskultur in Deli, der Güte des Herrn A. T. Cremer, Mitglied der General-Staaten in den Niederlanden, der viele Jahre als Director der ältesten Deli-Gesellschaft in Deli zugebracht hat, und bringe ihm hier dafür meinen besten Dank. — Wie auch den Herren van den Honert, A. Enthoven und J. Rappard in Deli für ihre wertvollen Mitteilungen.

Da ich bei der chemischen Untersuchung versucht habe, mehr, als dies früher bei Boden-Analysen der Fall war, die Zusammensetzung des Verwitterungssilikates zu ermitteln, so werde ich die Zusammensetzung der obengenannten Erden mit der in der vorigen Abhandlung mitgeteilten Zusammensetzung des höchst fruchtbaren Thones, welcher in dem Zuidersee abgesetzt wird, in einer folgenden Abhandlung vergleichen.

---

## I. Deli (Sumatra).

Der Boden in Deli[1]) ist bis jetzt noch nicht geologisch untersucht worden. Es hat sich mir ergeben, dass er vulkanischen Ursprunges und ein Verwitterungsprodukt vulkanischer Asche ist. Die Schicht soll eine ziemliche Mächtigkeit haben, aber davon ist bis jetzt wenig bekannt.

Das Land steigt von den Küsten in südwestlicher Richtung nach dem hohen Bergrücken zu, der Vulkane besitzt. Der vulkanische Thon ist von schwerer und von leichter Beschaffenheit. In der Küstengegend ist er von grauer Farbe, z. B. um Medan 15—50 m über dem Meere. Dieser wird jetzt am höchsten geschätzt. Im Inneren in den höheren Gegenden (60—150 m) liegt ein rotbrauner Thon oder Lehm, der auch sehr fruchtbar ist und früher wohl für den besten gehalten wurde (z. B. in der Oberabteilung von Mariendal, bei Deli-Toewan). Noch höher liegt eine rote Erde, oft mit vielen Steinen gemischt, die nicht so hoch geschätzt wird, wie die graue und rotbraune.

---

### A. Rotbraune Erde (Deli I).

(Analyse auf Tabelle III.)

Diese rotbraune Erde, die mir zur Untersuchung vorlag, liegt ungefähr 50 m über dem Meeresspiegel. Dieselbe ist kein eigentlicher Thon, insoweit sie, mit Wasser geknetet, nicht die Plastizität besitzt, die den Thonen eigentümlich ist. Sie ist als ein Verwitterungsprodukt vulkanischer Asche zu betrachten.

---

[1]) Landschaft Deli in der Residenz Sumatra's Ostküste. Medan ist der Hauptplatz von Deli, und jetzt auch Sitz des Residenten.

[Tabelle III.]

**Rotbrauner vulkanischer Thon aus Deli I.**
(Schwefelsäure-trocken.)

| Gelöst von | Bestandteile des colloïdalen Silikats und Humats. | | | | | | Summe der Bestandteile | Durch Fluorwasser gelöst |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Verdünnte Essigsäure kalt 1 auf 5 | Verdünnte Salzsäure von 6 % bei 50° (1/2 Stunde) | Verdünnte Salzsäure von 6 % bei 100° (1/2 Stunde) | Verdünnte Salzsäure 1 auf 1 heiss | Salzsäure von 1.16 S. G. Kochhitze (1 Stunde) | Schwefelsäure heiss | | |
| $CaO$ | 0.33 | 0.24 | 0.11 | | 0.09 | | 0.78 $CaO$ | 0.4 |
| $MgO$ | 0.05 | 0.07 | 0.07 | 0.15 | 0.14 | | 0.48 $MgO$ | 0.55 |
| $MnO$ | Spur | 0.27 | { ........ 0.11 ........ } | | | | 0.38 $MnO$ | |
| $K_2O$ | 0.06[5] | 0.10 | 0.08 | 0.02 | 0.18 | | 0.44[5] $K_2O$ | 0.23 |
| $Na_2O$ | 0.03 | { ........ 0.10 ........ } | | | 0.09 | | 0.22 $Na_2O$ | 0.1 |
| $Fe_2O_3$ | (*) | 1.0 | 3.48 | { ........ 2.4[2] ........ } | | 0.13 | 7.03 $Fe_2O_3$ | 0.1 |
| $Al_2O_3$ | (*) | 1.57 | 6.34 | 4.56 | 12.84 | 1.28 | 26.59 $Al_2O_3$ | 0.83 |
| $SiO_2$ | (*) | 0.85 | { ........ 5.87 ........ } | | 17.0 | 2.47 | 26.19 $SiO_2$ | 13.96 |
| | | | | | | | 0.02 Chlor | 16.2 |
| | | | | | | | 0.06 $SO_3$ | |
| | | | | | | | 0.02[6] Schwefel | |
| | | | | | | | 12.47 stark gebundenes Wasser | |
| | | | | | | | 5.07 Humus | |
| | | | | | | | 4.27 Magnetit | |
| | | | | | | | 16.2 Fragmente von Feldspath, Hornblende u. s. w. | |
| | | | | | | | 100.[2] | |

Kohlenstoff 2.94[2] %
Wasserstoff 1.643 „
Stickstoff 0.28[8] „
Glühverlust 17.54 „

Die luftrockene Erde verliert über Schwefelsäure 6.2 % Wasser.

**Humus und stark gebundenes Wasser.**

Glühverlust = 17.54 %
2.94 Kohlenstoff × 1.724 = 5.07[2] „ Humus
Also berechnet: 12.46[8] % stark geb. Wasser
5.07[2] Humus × 5 % Wasserst. = 0.25[4] „ Wasserstoff
entsprechend 2.28[2] % Wasser
Stark gebundenes Wasser 12.46[8] „ „
Also berechnet: 14.75 % Wasser
Gefunden 1.643 Wasserstoff = 14.78 „ „

*) Die geringen Mengen sind dem salzsauren Auszug zugezählt.

Beim Schlämmen mit Wasser ergiebt sich gleich, dass sie nebst einer grossen Menge Feinerde viel Magnetit enthält, sowie Feldspath, Hornblende u. s. w.

Der Magnetit wurde aus der mit etwas Wasser verriebenen Erde mit Hülfe eines Magneten ausgezogen — unter sorgfältiger Schlämmung der ausgezogenen Partikelchen. Sie wurden gewogen und in Salzsäure gelöst, wobei eine geringe Menge ungelöstes Silikat zurückblieb, dessen Gewicht bestimmt wurde. Erhalten wurde

in einer Probe Erde 4.27 pCt. Magnetit
in „ zweiten Probe Erde 5.5 „ „
in „ dritten „ „ 5.44 „ „

Bei der zweiten und dritten Probe wurde die Operation noch länger und mit noch grösserer Sorgfalt fortgesetzt.

Dass die schwarzen Krystallchen die Zusammensetzung des Magnetits hatten, $Fe_3O_4$, wurde noch durch folgende Bestimmung bestätigt: 103.8 mg wurden gelöst in Salzsäure in einem Strome $CO_2$ und titriert nach Zufügung einer gewissen Menge $MnSO_4$ mit Chamaeleon. Gefunden 31 mg FeO. Berechnet $32^2$ mg.

Die Menge gröberer Teile, welche *a.* bei der Schlämmung in einem hohen Cylinderglase mit einem Strome Wassers zurückblieben; *b.* bei der Ausziehung mit starker Salzsäure, Schwefelsäure und mit verdünntem Kali (um die aus den zersetzten Silikaten abgeschiedene Kieselsäure zu entfernen), betrug:

| *a* | | *b* (Magnetit vorher ausgesucht) | |
|---|---|---|---|
| Mineralien | Magnetit | I | II |
| 17.8 + | 3.74 = $21^5$ pCt. | 14.9 | 14.4 |

Dieselbe bestand hauptsächlich aus einem feinkörnigen Gemisch von dichroitischer Hornblende als Krystalle von dunkelgrüner Farbe, und hellen Feldspathkrystallen mit Glaseinschlüssen (jung eruptif). Dabei kam vor: weniger Plagioklase, und einige sehr gering dichroitische Krystalle, wahrscheinlich von Augit.[1]) Die Körnergrösse variierte zwischen $^1/_2$ mm als Maximum und 0.003 mm als Minimum. Einzelne Körner waren etwas grösser, von 1—2 mm Diameter.

Der Gehalt an Magnetit machte es nicht unwahrscheinlich, dass die Erde etwas Titansäure enthielt. Zur Nachspürung der-

[1]) Ich bringe Herrn Prof. K. Martin meinen Dank, der den unlöslichen Teil dieser und der folgenden vulkanischen Erden mikroskopisch durchmustert hat.

selben wurden 10 g sowohl von der rotbraunen Erde (Deli I) als von der grauen Erde (Deli II) mit saurem Kaliumsulfat geschmolzen, die davon erhaltene wässerige Lösung mit Kali gefällt, abfiltriert und mit Wasserstoffoxydlösung versetzt.[1]) Die gelbe Färbung des Titanperoxyds blieb jedoch aus. Ein Gemisch von gewöhnlicher Ackererde mit einigen Milligrammen Titaneisen auf dieselbe Weise behandelt ergab eine deutliche Reaktion.

In einer Portion von $2^1/_2$ g, aus der rotbraunen Erde mit Hülfe eines Magnetes ausgezogenen, Magnetits wurde dagegen eine Reaktion auf Titansäure erhalten. Der Magnetit wurde in Salzsäure gelöst, die Lösung eingedampft, der Rückstand wieder gelöst und mit Kali gefällt. Das farblose Filtrat mit Wasserstoffoxyd versetzt färbte sich gelb. Die Färbung entsprach etwa einem Gehalt von 0.005 bis 0.01 % $TiO_2$.

Der verwitterte Teil der Erde, die Feinerde, welche also 80 % ausmacht, lässt sich weiter nicht durch Schlämmung in verschiedene Portionen trennen, wie das bei Thonböden annähernd in eigentlichen Thon und in Sand gelingt, denn es senkt sich bald alles im Wasser. Das colloïdale Silikat ist nicht allein chemisch, sondern auch in dieser Hinsicht von dem des gewöhnlichen Thones verschieden. Das ergab sich aus den folgenden Bestimmungen:

| | | |
|---|---|---|
| Abgeschlämmt (lufttrocken) 24 Stunden im Wasser schwebend nur | 7.4 % | } $59^3$ % |
| Nach 3 Stunden schon gesenkt | 8.4 „ | |
| Innerhalb 24 Stunden gesenkt | 43.5 „ | |
| Bei der Schlämmung zurückgeblieben | 17.8 „ | |
| Glühverlust der 4 Portionen | 22.6 „ | |
| | 99.7 % | |

Bei einem zweiten Schlämmen der erst mit kalter verdünnter Salzsäure ausgezogenen Erde in einem Strome Wasser, erst langsam, dann schneller, wurden die abgeschlämmten Teile in drei Portionen ausgefangen; sie senkten sich bald und ergaben ungefähr denselben Glühverlust ($\pm$ 23 %).

---

[1]) Siehe über diese Methode: Weller, Ber. 1882 S. 2592 und Classen Ber. 1888 S. 370.

| | | |
|---|---|---|
| Abgeschlämmt | durch langsamen Strom Wassers | 26.2 |
| | „ schnellen „ „ | 22.8 |
| Zurückbleibend (Mineralienfragmente, feinkörnig) | | 17.8 |
| Glühverlust der verschiedenen Portionen | | 17.9 |
| | | 84.7 |
| Also durch Salzsäure gelöst und Verlust | | 15.3 |
| | | 100.0 |

Die Portionen hatten dasselbe Äussere, und, wie die auf Tabelle III mitgetheilte Analyse ausweist, ungefähr dieselbe Zusammensetzung.

Die Analyse der Erde findet sich auf Tabelle III. Daraus ergiebt sich, dass sie enthält (Schwefelsäuretrocken):

1. Eine minimale Menge Chlorur. Eine geringe Menge Sulfat; keinen kohlensauren Kalk. [1])

2. Einen hohen Gehalt an Phosphorsäure (in 25 g Erde bestimmt) . . . . . . . . . . . . . . . 0.19 % $P_2O_5$

3. Einen verhältnismässig hohen Gehalt an Humus . . . . . . . . . . . . . . . 5.07 % Humus
mit viel Stickstoff . . . . . . . . . . . 0.28⁸ N.

Da nach der Ausziehung mit Salzsäure durch Königswasser noch $SO_3$ in Lösung kommt, muss eine kleine Menge Schwefel (0.08 %) im Humus-Komplex angenommen werden.

4. Eine sehr grosse Menge colloïdalen Silikats, a) durch Salzsäure oder kalte Schwefelsäure zersetzbar (wobei 7 % Eisenoxyd) . . . 58 %
b) durch heisse Schwefelsäure weiter noch zersetzbar . . . . . . . . . . . . . . . 4 „
Dieses Silikat enthält den grössten Teil des stark gebundenen Wassers, dessen Menge gefunden wurde . . . . . . . . . . . . 12.5 „
Von diesem Wasser entweicht bei 100° im trockenen Raum nur . . . . . . . . . . 0.6⁶ „
und darauf bei 125° im trocknen Raum nur . 1.4 „

[1]) In partiellen Analysen von Deliböden derselben Beschaffenheit (die die Direktion der Deligesellschaft früher hat darstellen lassen, und von denen ich Einsicht erlangt habe) wird 0.2 bis 0.5 pCt. $CO_2$, einmal selbst 0.8 und 1.0 pCt. $CO_2$, gegenüber nur 0.2 und 0.5 pCt. CaO (durch Salzsäure gelöst) angegeben; was schon an und für sich beweist, dass diese Kohlensäure nicht aus Karbonaten, sondern aus Humus abstammte.

Siehe über die Kohlensäure- und die Schwefelsäurebestimmung in einer folgenden Abhandlung.

so dass das viele Wasser wirklich im Humat-Silikat gebunden angenommen werden kann.

Wie aus Tabelle I erhellt, enthält das Humat[1]) und das in schwächerer Säure lösliche Silikat (mit 1,6 % $Al_2O_3$) eine ziemliche Menge Basen, worunter eine normale Menge Kali:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Gelöst durch Essigsäure | 0.06⁵ $K_2O$ | 0.05 MgO | 0.33 CaO |
| „ „ schwache Salzsäure bei 50° | 0.10 „ | 0.07 „ | 0.24 „ |

Indessen ist das übrige coll. Silikat mit 25. % $Al_2O_3$ schwach mit Kali und Magnesia gesättigt . . . 0,28 $K^2O$ — 0,36 MgO — 0.2 CaO. Im Vergleich mit fruchtbaren Thonböden ist die Menge Kali und auch Magnesia gering.

Zieht man in Betracht, dass die obigen Zahlen auch die an Humussubstanzen gebundenen Basen einschliessen, so enthalten die durch Salzsäure zersetzbaren Silikate, welche mehr als die Hälfte der Erde ausmachen (58 %, oder wenn das durch Schwefelsäure zersetzbare Silikat noch dazu gerechnet wird 62 %) plus die 5,1 % Humus, die folgenden Mengen alkalische Basen:

$K_2O$ — $Na_2O$ — CaO — MgO
$0.4^4$ pCt. $0.2^2$ pCt. $0.7^8$ pCt. $0.4^8$ pCt.

Also auf 100 Teile des Silikates + Humats ungefähr:

$0.6^6$ — 0.3 — 1.2 — 0.7.

Dass der Kalk am losesten gebunden ist, und also schon von sehr verdünnter Säure grösstenteils gelöst wird, hat sich auch bei dieser Erde ergeben.

Auffallend ist der Gehalt an Mangan, dessen Menge grösser ist, als in gewöhnlichen alluvialen Thonen. Diese wurde noch besonders bestimmt.[2]) Ihre Menge betrug:

| | | |
|---|---|---|
| Gelöst | durch verdünnte Salzsäure | 0.25 pCt. |
| | „ konzentrierte Salzsäure | 0.10 „ |
| | Sa. | 0.35 pCt. |

Merkwürdig ist es, dass durch Auskochen mit Salzsäure, oder durch Erwärmen mit Kalilösung oder durch Behandlung mit kalter Schwefelsäure dieselbe Menge coll. Silikats zersetzt wird, wie aus der $Al_2O_3$-Bestimmung hervorgeht:

---

[1]) Unter Humat wird hier, wie früher, verstanden: die Absorptions-Verbindung der Humussubstanz mit den alkalischen Basen ($K_2O$, $Na_2O$, CaO, MgO), mit $Fe_2O_3$ (FeO) und vielleicht auch mit etwas $Al_2O_3$.

[2]) Über die Manganbestimmung s. in einer folgenden Abhandlung.

| Gelöst durch | $Al_2O_3$ % | Gelöst durch | $Al_2O_3$ % | Gelöst durch | $Al_2O_3$ % | $FeO_3$ % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kali | 24.34 | halb verd. Salzsäure (heiss) | 12.47 | verdünntere Salzsäure (heiss) | 7.89 | 4.48 |
| | | kalte Schwefelsäure | 12.84 | starke Salzs.(Kochh.) | 17.47 | 2.4 |
| Sa. | 24.34 | | 25.31 | | 25.36 | |
| | | heisse Schwefels. | 1.28 | | 1.30 | |
| Sa. | . . | . . . . . . . . . | 26.59 | . . . . . . . . . | 26.66 | |

Dass ein grosser Teil des Eisenoxyds in dem colloïdalen Silikat gebunden ist, darf auf Grund dieser Zahlen wohl angenommen werden.

Ungefähr die Hälfte dieses Silikats ist schon in verdünnter Salzsäure löslich, und hat ein Molekul-Verhältnis von:

$$1\ Al_2O_3 : \pm 1\ SiO_2,$$

das übrige durch starke Salzsäure oder Schwefelsäure Zersetzbare von:

$$1\ Al_2O_3 : \pm 2\ SiO_2.$$

Beide Portionen lösen sich in verdünnter Kalilösung.

Der weiter noch durch heisse Schwefelsäure zersetzbare Teil der Erde beträgt nur 4 %. In diesem Silikat ist das Moleculverhältnis:

$$1\ Al_2O_3 : 3^2\ SiO_2,$$

wie sich aus den folgenden Daten ergiebt:

| Gelöst durch[1]) | $Al_2O_3$ | Mol. | $SiO_2$ | Mol. | Verhältnis $Al_2O_3 : SiO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| *a*) verdünnte Salzsäure (6 pCt.) bei 50° eine halbe Stunde | 1.57 | *1.5* | 0.85 | *1.4* | *1 : 1* |
| *b*) verdünnte Kali b. Erhitzung bis 100° eine kurze Zeit (nach a) | 10.18 | *10* | 5.87 | *9.8* | *1 : 1* |
| *c*) verdünnte Salzsäure bei Erhitzung unter 100° | 7.89 | *7.8* | 4.69 | *7.8* | *1 : 1* |

Also bleibt das Moleculverhältnis zwischen $Al_2O_3$ und $SiO_2$ stets = *1 : 1* in den nach einander zersetzten Teilen des colloïd. Silikates, bis wenigstens 12 % Alaunerde (= ungefähr die Hälfte) gelöst sind. Das übrige enthält mehr Kieselsäure:

[1]) a und c haben Bezug auf verschiedene Portionen Erde.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *d*) starke kochende Salzsäure (nach c) . . . . . . . . . | 17.47 | *17.1* | 18.93 | *31.5* | *1 : 1.8*[4] |
| *e*) Schwefelsäure (heiss) (nach d) | 1.30 | *1.2*[8] | 2.47 | *4.1* | *1 : 3.2* |

Der in Schwefelsäure unlösliche Teil, durch Fluorwasserstoff zersetzt, ergab mehr Kalk (0.4) und Magnesia (0.5), als Kali und Natron. Die zwei ersten stammen aus der Hornblende, wie ein Teil der Alaunerde. Das Kali (0.2 %) und das Natron (0.1 %) stammen aus dem Sanidin-Feldspath.

Die Zusammensetzung der Erde lässt sich vorstellen wie folgt:

| | | |
|---|---|---|
| Humus . . . . . . . . . . | 5.1 | |
| Chlorure und Sulfate . . . | 0.15 | |
| Phosphorsäure . . . . . . | 0.2 | |
| Eisenoxyd . . . . . . . . | 7.0 | (grösstenteils im amorphem Silikat gebunden.) |
| Amorphes Silikat . . . . . | 51 | Ungefähr die Hälfte = $Al_2O_3 . SiO_2$.<br>Das Übrige = $Al_2O_3 . \pm 2 SiO_2$.<br>Alkal. Basen ± 2 pCt. |
| Stark gebundenes Wasser . | 12.5 | |
| Silikat durch heisse Schwefelsäure zersetzbar . . . . | 4.0 | Ungefähr $Al_2O_3 . 3.2\ SiO_2$.<br>Alkal. Basen ± 0.5 pCt. |
| Mineralien-Fragmente (Hornblende, Feldspath, Magnetit u. s. w.) . . . . . . . | 20 | (± 5 pCt. Magnetit.) |
| | 100. | |

Dieser vulkanische Thon enthält also eine sehr grosse Menge stark basischen Silikats (Alaunerdereich), das verhältnismässig leicht durch Säuren und durch Kali zersetzt wird, und deren eigentümlicher Konstitution die geringe Plastizität und das Verhalten bei der Schlämmung in Wasser zugeschrieben werden muss.

---

## B. Graue Deli-Erde (Deli II).

### Aus der Umgegend von Medan.

(Analyse auf Tab. IV).

Diese Erde liegt nicht so hoch, wie I, ungefähr 15 m über dem Meeresspiegel, und bewährt sich ausgezeichnet beim Tabaksbau. Sie ist nicht rotbraun von Farbe wie Deli I, sondern mehr graubraun und plastischer, enthält jedoch viel mehr Mineralienfragmente und wird darum sandiger genannt.

*[Tabelle IV.]*

## Grauer vulkanischer Thon aus Deli II.

(Schwefelsäure-trocken.)

### 1. Analyse.

| Gelöst durch | Verd. Salzsäure v. 6 % bei 50° 1/2 Std. | Konzentr. Salzsäure Kochhitze 1 Stunde |
|---|---|---|
| CaO | 0.38 | 0.43 |
| MgO | 0.19 | 0.20 |
| MnO | 0.24 | 0.23 |
| $K_2O$ | 0.06 | 0.17 |
| $Na_2O$ | 0.08 | 0.49 |

Die lufttrockene Erde verliert bei ± 15° über Schwefelsäure: 4.45 % Wasser.

**Summe.**

| | Wert | Bestandteil |
|---|---|---|
| Alkal. Basen im coll. Silikat u. Humat | 0.81 | CaO |
| | 0.39 | MgO |
| | 0.47 | MnO |
| | 0.23 | $K_2O$ |
| | 0.57 | $Na_2O$ |
| | — | (nicht bestimmt) alkalische Basen im durch Schwefelsäure zersetzten Silikate |
| im colloid. Silikat | 4.85 | $Fe_2O_3$ |
| | 12.82 | $Al_2O_3$ |
| | 20.92 | $SiO_2$ |
| | 6.30 | stark gebund. Wasser |
| | Spur | Chlor |
| | 0.03 | $SO_3$ |
| | 0.011 | S |
| | 0.12 | $P_2O_5$ |
| | 3.23 | Humus |
| | 0.87 | Magnetit |
| | 47.67 | Feldspath, Hornbl. etc. |
| | $99.^{3}$ | |

### 2. Analyse.

**Bestimmung von $Al_2O_3$, $SiO_2$, $Fe_2O_3$ im coll. Silikat.**

| | % $Al_2O_3$ | % $SiO_2$ | % $Fe_2O_3$ |
|---|---|---|---|
| Verd. Salzs. von 6 % bei 50° 1/2 Stde. | $1.49^{3}$ | 1.13 | $2.12^{4}$ |
| Verd. Kali bei 50° 5 Minuten . . | 1.38 | $2.43^{5}$ | $0.19^{3}$ |
| | 2.87 | 3.56 | |
| Molec. | *2.82* | *3.9* | |
| $Al_2O_3 : SiO_2 = 1 : 2.0^{9}$ | | | |
| Konz. Salzs. bei Kochhitze 1 Stunde | 7.74 | 0.25 | 2.28 |
| Verd. Kali bei 50° 5 Minuten . . | 0.2 | 12.25 | 0.05 |
| | 7.94 | 12.50 | |
| Molec. | *7.8* | *2.1* | |
| $Al_2O_3 : SiO_2 = 1 : 2.6^{8}$ | | | |
| Schwefelsäure heiss . . . . . . . . | 1.91 | 0.09 | 0.21 |
| Verd. Kali bei 50° 5 Minuten . . | 0.1 | 4.77 | |
| | 2.01 | 4.86 | |
| Molec. | *2* | *8.1* | |
| $Al_2O_3 : SiO_2 = 1 : 4.0^{5}$ | | | |
| Summe | 12.82 $Al_2O_3$ | 20.92 $SiO_2$ | 4.85 $Fe_2O_3$ |

**Organische Bestandteile und stark gebundenes Wasser.**

| | |
|---|---|
| Kohlenstoff . . . . . | 1.87 % |
| Wasserstoff . . . . . | 0.848 „ [1] |
| Stickstoff . . . . . . | 0.22 „ |
| Glühverlust . . . . . | $9.52^{5}$ „ |

[1]) Entsprechend 7.63 % Wasser.

| | | |
|---|---|---|
| Glühverlust | = 9.52 % | |
| 1.87 Kohlenstoff × 1.724 | = 3.23 „ | Humus. |
| Also stark gebundenes Wasser | = 6.29 %. | |
| 3.23 Humus × 5 % | = $0.16^{1}$ % | Wasserstoff. |
| entsprechend | 1.45 % | Wasser. |
| Stark gebundenes Wasser | 6.29 „ | „ |
| Also berechnet: | 7.74 % | Wasser. |
| Gefunden: | 7.63 „ | „ |

Der durch Salz- und Schwefelsäure nicht zersetzte Teil betrug fast die Hälfte . . . . . . . . . . . . . 47.7 %
wobei viel weniger Magnetit als in I, nämlich . . . 0.9 „
Der Eisenoxydgehalt ist kleiner als in I, nämlich . . 4.8 „
und stimmt das mit der Farbe der Erde, im Vergleich zu „Deli I." Die Mineralfragmente beweisen den vulkanischen Ursprung (oder von tertiären Eruptivgesteinen). Sie enthalten:

Dunkelgrüne stark dichroitische Hornblende (gewöhnliche $Al_2O_3$ haltige). Sanidin, mit sehr schönen Glaseinschlüssen. Plagioklas ist entweder nicht oder untergeordnet anwesend. Quarz fehlt.

Der Humusgehalt ist kleiner als von I:

3.23 % mit 0.2[2] % N.

Chlorure sind in minimaler Menge anwesend. Die Menge Sulfat ist gering.

Die Humate und colloïdalen Silikate enthalten:

| | |
|---|---|
| Das coll. Silikat durch Salzsäure gelöst beträgt viel weniger, als in I, ist aber noch bedeutend (wobei 4.65 pCt. Eisenoxyd) | 34 pCt. |
| Dem entsprechend ist die Menge stark gebundenes Wasser, nur die Hälfte der in I vorhandenen . . . . . . . . . . | 6.3 „ |
| Das durch Schwefelsäure zersetzte Silikat beträgt . . . . . | 7.1 „ |

(ausser den darin gebundenen alkalischen Basen). Dic Menge beträgt also mehr als in „Deli I". Ein Teil davon kann vielleicht schon von zersetzten Mineralienfragmenten abstammen.

Das coll. Silikat ist nicht so basisch wie in I, denn es werden gelöst an $SiO_2$ und $Al_2O_3$:

| | Alaunerde und Kieselsäure in dem Mlc.-Verhältn. | $Al_2O_3 : SiO_2$ |
|---|---|---|
| Durch verdünnte Salzs. (6 pCt.) bei 50° eine halbe Stunde, und durch Kali (1.061 S. G.) 5 Minuten bei 50° . . . . . . . . . . . . | | *1 : 2.1* |
| Darauf durch starke Salzsäure (Kochhitze), und durch Kali . . . . . . . . . . . . . . | | *1 : 2.7* |
| Darauf durch Schwefelsäure (heiss) und Kali . . | | *1 : 4.0*[5] |

Die Humate und coll. Silikate enthalten an alkal. Basen:

| | |
|---|---|
| in verdünnter Salzsäure löslich . . . . . | 0.95 pCt. |
| in starker „ „ . . . . . | 1.51 „ |
| | 2.46 pCt. |

Kalk, Magnesia und jetzt auch Natron überwiegen das Kali. Die Menge Manganoxydul fällt auch bei dieser Erde auf, denn sie beträgt:

| | |
|---|---|
| in verdünnter Salzsäure löslich . . . . . | 0.24 pCt. |
| in starker „ „ . . . . . | 0.23 „ |
| | 0.47 pCt. |

| | $K_2O$, | $Na_2O$, | $CaO$, | $MgO$. |
|---|---|---|---|---|
| Die 9.7 pCt. durch verdünnte Salzsäure und darauf durch Kali zersetzten Silikate[1]) und die 3.23 pCt. Humus[2]) enthalten in pCt. . . . . . | 0.06 | 0.08 | 0.38 | 0.19 |
| 100 Teilen dieses Silikats und Humats enthalten also . . . . . . . . . . . . . . . . | 0.5 | 0.6 | 3.0 | 1.5 |
| Die 24.3 pCt. durch starke Salzsäure und darauf durch Kali zersetzten Silikate[1]) enthalten pCt.: | 0.17 | 0.49 | 0.43 | 0.20 |
| Also auf 100 Teilen dieses Silikats berechnet . . | 0.7 | 2.0 | 1.8 | 0.8 |
| 100 Teilen des ganzen durch Salzsäure zersetzten Silikats und des Humats enthalten . . . . | 0.6 | 1.5 | 2.2 | 1.0 |

Das Silikat enthält die gleiche Menge Kali wie in Deli I, jedoch mehr Kalk, Magnesia und Natron. Im Vergleich mit fruchtbaren Meeres- und Fluss-Thönen ist es mit alkal. Basen schwach gesättigt.

Der Phosphorsäuregehalt ist normal . . . . . 0.12 %

Die Zusammensetzung kann vorgestellt werden wie folgt:

| | | |
|---|---|---|
| Humus . . . . . . . . . . | 3.23 | |
| Chlorure und Sulfate . . . . | ± 0.1 | |
| Phosphorsäure . . . . . . . . | 0.12 | |
| { Eisenoxyd . . . . . . . . . | 4.7 | (grösstenteils im coll. Sil. gebund.) |
| { Coll. Silikat . . . . . . . . | 29.3 | durch Salzsäure zersetzbar $Al_2O_3$. *2* bis *2.6* $SiO_2$ ± 2.46 alkalischen Basen. |
| Silikat durch Schwefels. zersetzt | ± 7.5 | [$Al_2O_3$. $4^1$ $SiO_2$][3]) |
| Stark geb. Wasser . . . . . | 6.3 | |
| Mineralienfragmente (Hornblende, Feldspath, Magnetit u. s. w.) | 48.5 | (wobei 0.9 Magnetit) |
| | 99.8 | |

Dass dieser Thon plastischer ist, als der vorhergehende rotbraune („Deli I"), steht gewiss im Zusammenhang mit der Zusammensetzung des coll. Silikats, das nicht so basisch ist.

Die übrigen Muster, die ich aus der Niederung näher am Meere erhalten habe, hatten denselben chemischen Charakter. Sie waren von grauer Farbe; eine davon war noch plastischer,

---

[1]) Kieselsäure, Alaunerde, Eisenoxyd und alkalische Basen zusammengezählt.

[2]) Unter der Annahme, dass die verdünnte Säure schon die im Humus gebundenen alkal. Basen gelöst hat.

[3]) Gefunden: 4.86 $SiO_2$ + 2.01 $Al_2O_3$ + 0.21 $Fe_2O_3$ = 7.1 pCt. Weil die damit verbundenen alkalischen Basen nicht bestimmt sind, ist die Menge gestellt auf 7.5 pCt.

und enthielt mehr Feinerde, als „Deli II". Keine derselben enthält kohlensauren Kalk.

Die durch verdünnte Säure gelösten Mengen Kali, Kalk, Phosphorsäure sind wenig verschieden von II. Die Erden aus den niederen Gegenden sind also weniger durch Eisenoxyd gefärbt und plastischer; sie trocknen zu einer härteren Masse ein, als die rotbraune Erde, und zwar um so mehr, je mehr Thon sie enthalten.

---

## C. Vulkanischer Thonboden aus Java.

Java, Residenz Pasoeroean, Abteilung Malang, Ortschaften Gondang Legie und Sirka Anjar in der Nähe von Vulkanen.

(Analyse auf Tabelle V.)

Die Abteilung Malang liegt zwischen vulkanischen Gebirgen; an der Westseite der Kloet und der erloschene Vulkan Kawi, an der Ostseite der Vulkan Semeroe. Die beiden Thone haben denn auch nach ihrer Zusammensetzung einen vulkanischen Ursprung und unterscheiden sich ganz vom gewöhnlichen Thon, obgleich sie plastischer sind, als der Boden „Deli I". Sie enthalten keinen Quarz. Die unverwitterten Bestandteile sind nach der mikroskopischen Untersuchung und der chemischen Analyse hauptsächlich: neu vulkanischer Feldspath, Hornblende (dichroitisch) und Magnetit, also Bestandteile einer vulkanischen Asche. Die Sanidinfeldspathkrystalle haben Glaseinschlüsse, darunter Plagioklase. Die Grösse der Körner variiert zwischen 0.9 mm und einzelne Mikrons. Der verwitterte Teil ist von gelbbrauner Farbe und plastisch; die Menge dieses colloïdalen Silikats (und Humats) ist sehr bedeutend und löst sich verhältnismässig leicht in Salzsäure.

| | Gondang Legie | Sirka Anjar |
|---|---|---|
| Die Menge Humus ist ziemlich gross . . . | 3.8 pCt. Humus | 3.4 pCt. |
| Mit einem Stickstoffgehalt von . . . . . | 0.18 „ N | 0.18 „ |
| Der Phosphorsäuregehalt ist hoch . . . . | 0.2 „ $P_2O_5$ | 0.19 „ |

Von Chloruren und Sulfaten sind nur geringe Mengen anwesend. Verdünnte kalte Essigsäure löst 0.6 % alkal. Basen; darin ist der Kaligehalt (0.09 und 0,12 %) nicht kleiner, als in nicht vulkanischen alluvialen Thonen. Der Kalkgehalt ist verhältnismässig grösser, inanbetracht dass kohlensaurer Kalk fehlt.

*[Tabelle V.a.]*

## Vulkanischer Thon von Gondang Legie (Java).

(Schwefelsäure-trocken.)

| Gelöst durch | Verd. Essigsäure (kalt) | Konz. Salzsäure Kochhitze 1 Stunde | Schwefelsäure (heiss) | Fluorwasserst. im abgeschlemmt. Teil | Fluorwasserst. im übrigen | Summe. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CaO | 0.42* | 1.85[5]* | 0.07[5] | 0.0 | 1.20 | 3.55 CaO |
| MgO | 0.08* | 0.90* | 0.02 | 0.11 | 0.59 | 1.70 MgO |
| $K_2O$ | 0.09 | 0.14 | 0.08 | 0.35 | 0.22 | 0.88 $K_2O$ |
| $Na_2O$ | 0.04[5] | 0.36 | 0.05 | 0.18 | 0.50 | 1.13[5] $Na_2O$ |
| $Fe_2O_3$ | 0.17 | 7.77 | Spur | Spur | 1.11 | 9.05[5] $Fe_2O_3$ |
| $Al_2O_3$ | 0.18 | 17.28† | 0.25† | 2.81 | 4.68 | 25.20 $Al_2O_3$ |
| $SiO_2$ | 0.13 | 22.52† | 0.55† | 6.91 | 14.63 | 44.74 $SiO_2$ |
| | | | | | | 0.20 $P_2O_5$ |
| Sa. | 1.11[5] | 50.82[5] | 1.02[5] | 10.36 | 22.93 | 0.011 Cl |
| | | | | | | Wenig Sulfat |
| | | | | | | 3.82 Humus |
| | | | | | | 6.35 stark geb. Wasser |
| | | | | | | 3.16 Magnetit |
| | | | | | | 99.8. |

### Organische Bestandteile und stark gebundenes Wasser.

Kohlenstoff 2.21 %
Wasserstoff 0.895 „
Stickstoff 0.18 „
Glühverlust 10.17 „

Die lufttrockene Erde verliert bei 15° über Schwefelsäure: 6.8 % Wasser.

Glühverlust = 10.17 %
2.21 Kohlenstoff × 1.724 = 3.82 „ Humus.
Also stark gebund. Wasser = 6.35 %.

3.8[2] Humus × 5 % = 0.19[1] % Wasserstoff.
entsprechend 1.71 % Wasser.
Stark gebundenes Wasser 6.35 „ „
Also berechnet: 8.06 % Wasser.
Gefunden: 0.895 Wasserstoff = 8.05 „ „

*) Ein kleiner Gehalt an MnO ist hierunter begriffen.
†) In einer besonderen Portion Erde bestimmt.

*[Tabelle V.b.]*

## Vulkanischer Thon von Sirka Anjar (Java).

(Schwefelsäure-trocken.)

| Gelöst durch | Verd. Essigsäure (kalt) | Konz. Salzsäure Kochhitze 1 Stunde | | Summe. | |
|---|---|---|---|---|---|
| CaO | 0.34 | 3.43 | in Salzsäure löslich. | 3.77 | CaO |
| MgO | 0.06 | 1.95 | | 2.01 | MgO |
| $K_2O$ | 0.12 | 0.12⁵ | | 0.24⁵ | $K_2O$ |
| $Na_2O$ | 0.04⁵ | 0.46 | | 0.50⁵ | $Na_2O$ |
| $Fe_2O_3$ mit Magnetit | 0.18 | 7.17 | | 7.35 | $Fe_2O_3$ (wobei ± 3 pCt. Magnetit) |
| $Al_2O_3$ | 0.19 | 11.21 | | 11.40 | $Al_2O_3$ |
| | | | | 3.36 | stark gebundenes Wasser |
| | | | | 3.42 | Humus |
| | | | | 0.19 | Phosphorsäure |
| | | | | 0.02 | Chlor |
| | | | | Wenig | Sulfat |
| | | | | 67.5 | $SiO_2$ des colloïd. Silikats und in Salzsäure unlösliches Silikat |
| | | | | 99.7. | |

### Organische Bestandteile und stark gebundenes Wasser.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Kohlenstoff 1.98 % | Glühverlust | = 6.78 % | |
| Wasserstoff 0.522 „ | 1.98 Kohlenstoff × 1.724 | = 3.42 „ | Humus. |
| Stickstoff 0.18⁶ „ | Also stark gebundenes Wasser | = 3.36 %. | |
| Glühverlust 6.78 „ | | | |
| | 3.42 Humus × 5 % | = 0.171 % | Wasserstoff. |
| Die lufttrockene Erde verliert über Schwefelsäure 3.7 % Wasser. | entsprechend | 1.54 % | Wasser. |
| | Stark gebundenes Wasser | 3.36 „ | „ |
| | Also berechnet: | 4.90 % | Wasser. |
| | Gefunden: 0.522 Wasserstoff | = 4.70 „ | „ |

Die Menge durch Salzsäure leicht zersetzbaren Silikats ist gross. Sie beträgt:

| | Gondang Legie | Sirka Anjar |
|---|---|---|
| Mit dem Eisenoxyd [1]) und den alkal. Basen des Silikats und Humats . . | 51.9 pCt. {wobei 8 pCt. $Fe_2O_3$ | ±37 pCt. {wobei [3]) 4—5 pCt. $Fe_2O_3$ |
| Der Gehalt an stark gebundenem Wasser ist dementsprechend beträchtlich . . | 6.3 pCt. | 3.4 pCt. |

Das coll. Silikat ist auch hier sehr basisch, denn das Verhältnis zwischen Kieselsäure und Alaunerde stellt sich heraus:

$$Al_2O_3 : SiO_2 = \overset{\text{Mol.}}{1} : \overset{\text{Mol.}}{2^2}$$

und nähert sich also dem coll. Silikate im Deli-Boden (*1* : *1,8*), Durch die Salzsäure (nach Essigsäure) ist noch gelöst an alkalischen Basen:

Gondang Legie . . . . . . . . 3.25 pCt. alkal. Basen
Sirka Anjar . . . . . . . . . . 5.96 „ „ „

also eine bedeutende Menge.

Auffallend gross ist dabei die Menge Kalk und Magnesia: auch die Menge Natron ist grösser, als in gewöhnlichen Thonen, die Menge Kali dagegen geringer. Das ergiebt sich noch deutlicher, wenn die Mengen auf 100 Th. colloid. Silikats + Humat berechnet werden.

| | $K_2O$ | $Na_2O$ | CaO | MgO |
|---|---|---|---|---|
| Gondang Legie. 51.9 coll. Silik. u. 3.8 Humus enthalt. | 0.23 | 0.40 | 2.27 | 1.0 |
| Sirka Anjar. 36.8 coll. Silikat [2]) u. 3.4 Humus enthaltend | 0.21 | 0.50 | 3.77 | 2.0 |

Also enthalten 100 Teile coll. Silikat + Humat:

| | $K_2O$ | $Na_2O$ | CaO | MgO |
|---|---|---|---|---|
| Gondang Legie . . . . . | 0.4 | 0.7 | 4.0 | 1.8 |
| Sirka Anjar . . . . . . . | ±0.5 | ±1.2[5] | ±9.4 | ±5.0 |

Diese Zusammensetzung lässt sich dem Ursprung des Bodens aus vulkanischer Asche zuschreiben.

---

[1]) Den Magnetit abgerechnet, der sich auch in Salzsäure löst.

[2]) Bei der Analyse von Sirka Anjar ist die Menge Kieselsäure, welche in dem durch Salzsäure zersetzten Silikate anwesend war, nicht bestimmt worden. Für diese Kieselsäure ist angenommen 14.8 pCt., berechnet aus der durch Salzsäure gelöste Alaunerde (11.4 pCt.), nach dem Verhältnis welches in der Erde von Gondang Legie gefunden ist.

Was durch Schwefelsäure zersetzt wird, beträgt nur 1 %, kann also ausser Betrachtung bleiben und dem unverwitterten Teile beigezählt werden. Dessen Zusammensetzung nähert sich den feldspathartigen Mineralien. Die Menge ist aber zu klein, um daraus einen Schluss zu ziehen.

Es folgt aus der Analyse des unlöslichen Teiles, dass daraus mit Wasser grösstenteils Feldspathteilchen abgeschlämmt werden, denn der Gehalt an Alkalien ist vorwiegend gegenüber dem Kalk und der Magnesia, und ist das Verhältnis von $Al_2O_3 : SiO_2 = 1 : 4{,}3$.

Dagegen tritt in dem Rückstand dieser Schlämmung die Hornblende in den Vordergrund, in so weit Kalk und Magnesia, in ziemlicher Menge vorhanden sind. Das Verhältnis ist:

*24* Mol. $SiO_2$, *4.6* $Al_2O_3$, *3.6* Alkalien, *4.8* alk. Erden u. Eisenoxyd(oxydul),
oder *6* „ „ *1.5* „ *0.9* „ *1.2* „ „ „ „

was einem Gemisch von Hornblende und Feldspath entspricht.

Die Menge Magnetit beträgt am wenigsten 3.2 %, welche mit einem Magneten ausgezogen wurde.

Die Menge Mineralienfragmente, Feldspäth, Hornblende, Magnetit beträgt: G. L. 37.5 %, S. A. ± 56 %.

Die Zusammensetzung der beiden vulkanischen Erden lässt sich schliesslich vorstellen wie folgt:

| | Gondang Legie: | | Sirka Anjar: | |
|---|---|---|---|---|
| Chlorure | 0.01 Cl | | 0.02 Cl | |
| Sulfate | wenig | | wenig | |
| Phosphorsäure | 0.20 | | 0.19 | |
| Humus | 3.8[8] | | 3.4 | |
| Coll. Silikat durch Salzsäure zersetzt | 51.9 | enthaltend: 3.9 alk. Basen. 7.9 Eisenoxyd. $Al_2O_3 : SiO_2 = 1 : 2^3$. | 36.8 | enthaltend: 6.5 alkal. Basen. ± 4.0 Eisenoxyd. |
| Stark gebundenes Wasser | 6.3 | | 3.3[6] | |
| Silikat durch Schwefelsäure zersetzt | 1.0 | | 56.0 | |
| Fragmente von Feldspath, Hornblende u. s. w. (sehr feinkörnig) | 33.3 | | | |
| Magnetit | 3.2 | | | |
| | 99.[8]. | | 99.[7]. | |

Die grosse Menge colloïdalen Silikates von der empirischen Zusammensetzung $Al_2 O_3 + 2 Si O_2$, **stark** mit alkal. Erden, und **schwach** mit Kali gesättigt und viel Wasser enthaltend, unterscheidet diesen vulkanischen Thon also vom gewöhnlichen alluvialen Thone. Der Humus- und Phosphorsäuregehalt sind mit der Fruchtbarkeit des Bodens in Übereinstimmung.

Diese Böden lieferten vorzüglichen Malang-Tabak, und hatten sich als sehr fruchtbar bewährt. Die Analyse der Asche dieses Tabaks wird mitgeteilt in einer folgenden Abhandlung; sie zeigt einen geringen Chlorgehalt, einen hohen Kaligehalt und eine gute Alkalinität.

---

### D. Alluvialer Thonboden (Tabaksboden) aus der Residenz Rembang (Java).

(Analyse auf Tabelle VI.)

Dieser Boden liegt in der Residenz Rembang, Abteilg. Toeban, Distrikt Singgahan, in der Nähe des Flusses „der Kening", in den Ländern der Tabaksunternehmung Nicot, bei Ngladjoe. Die fünf von verschiedenen Stellen gesammelten Muster bestanden alle aus einem braungelb nüancierten Thone von etwas verschiedenem Sandgehalte. Zwei davon hinterliesen nur geringe Mengen Sand bei der Schlämmung im Wasserstrom. Von den drei übrigen wurde eines zur näheren Untersuchung gewählt.

Dieser Thon ist ziemlich schwer und sehr plastisch.

1. Er ist nicht reich an Humus . . . . . . . 2.65 %
   und dementsprechend auch nicht an Stickstoff . 0.18 „
2. Er ist reich an kohlensaurem Kalk . . . . . 10.2 „
3. Er ist arm an Chloruren und Sulfaten. Er enthält davon nicht mehr als gewöhnliche Kulturböden, d. h. eine Spur Chlorur und eine kleine Menge Sulfat . . . . . . . . . . . . . . 0.06 $SO_3$
4. Die Menge Phosphorsäure ist die normale . . . 0.13 $P_2O_5$
   Auch in den vier anderen Proben wurde gefunden: $0.14^7$ $0.11^1$ $0.14^2$ 0.13 % $P_2O_5$.
5. Er enthält eine normale Menge in verdünnter kalter Essigsäure lösliche alkal. Basen[1] . . . 0.54 %
   wobei Kali . . . . . . . . . . . . . . 0.1 „

---

[1]) Selbstverständlich nach Abzug von dem kohlensauren Kalk und von den geringen Mengen Chlorur und Sulfat.

*[Tabelle VI.]*

## Alluvialer Thon (schwerer) von Java (Rembang beim Fluss der Kening).

| | Bestandteile im coll. Silikat und Humat. | | | Unverwittertes Silikat. |
|---|---|---|---|---|
| Gelöst durch | Verd. Essigsäure kalt | Konz. Salzsäure Kochhitze 1 Stunde | Schwefelsäure heiss | Fluorwasserst. |
| $CaO$ | 0.23 | 0.84 | 0.10 | 0.02 |
| $MgO$ | 0.14 | 0.53 | 0.07 | 0.07 |
| $K_2O$ | 0.10 | 0.52 | 0.21 | 0.44 |
| $Na_2O$ | 0.07 | 0.41 | 0.08 | 0.09 |
| $Fe_2O_3$ | (*) | 4.82 | 0.20 | 0.1 |
| $Al_2O_3$ | (*) | 6.93 | 4.23 | 1.71 |
| $SiO_2$ | (*) | 12.44 | 5.10 | 43.12 |
| Sa. | 0.54 | 26.49 | 9.99 | 45.55 |

| | | |
|---|---|---|
| Salze. | 10.20 | $CaO, CO_2$ |
| | $0.03^{6}$ | $NaCl$ |
| | 0.10 | $CaSO_4$ |
| | 0.13 | $P_2O_5$ |
| Alkalische Basen im coll. Silikat u. Humat und im unverwitterten Silikat. | 1.17<br>0.02 | $CaO$ |
| | 0.74<br>0.07 | $MgO$ |
| | 0.83<br>0.44 | $K_2O$ |
| | 0.56<br>0.09 | $Na_2O$ |
| Im coll. Silikat und im unverwitterten Silikat. | 5.02<br>0.1 | $Fe_2O_3$ |
| | 11.16<br>1.71 | $Al_2O_3$ |
| | 17.54<br>43.12 | $SiO_2$ |
| | 4.80 | stark gebund. Wasser |
| | 2.65 | Humus |
| | $100.^{5}$. | |

### Organische Bestandteile und stark gebundenes Wasser.

| | |
|---|---|
| Kohlenstoff | 1.54 % |
| Wasserstoff | 0.666 „ |
| Stickstoff | $0.17^{7}$ „ |
| Glühverlust | 7.45 „ |

Die lufttrockene Erde verliert bei ± 15° über Schwefelsäure: 5 % Wasser.

| | | |
|---|---|---|
| Glühverlust | = 7.45 % | |
| 1.54 Kohlenstoff × 1.724 | = 2.65 „ | Humus. |
| Also stark gebundenes Wasser | = 4.80 %. | |
| 2.65 Humus × 5 % | = $0.13^{2}$ % | Wasserstoff. |
| entsprechend | 1.21 % | Wasser. |
| Stark gebundenes Wasser | 4.80 „ | „ |
| Also berechnet: | 6.01 % | Wasser. |
| Gefunden: 0.666 Wasserstoff | = 6.00 „ | „ |

*) Die geringen Mengen sind der Salzsäure-Lösung zugezählt.

Die Menge in Salzsäure lösl. alkal. Basen (nach Ausziehung mit Essigsäure) beträgt . . . . . 2.3 %

Sie ist so gross wie im Y-Thon, aber enthält weniger Kali und Magnesia, mehr Kalk. Der Y-Thon der im Brakwasser sich abgesetzt hat, enthält in seinem colloïdalen Silikat und seinem Humat natürlich mehr Kali und Magnesia gebunden. Dennoch ist die Menge alkal. Basen in diesem Thon beträchtlich und weisst auf einen fruchtbaren Boden hin.

6. Das colloïdale in Salzsäure lösliche Silikat hat ungefähr dieselbe Zusammensetzung wie das des Y-Thons.

   Mol. Mol.

   Verhältnis $Al_2O_3$ : $SiO_2$ = $1 : \pm 3.0$

7. Vom colloïdalen Silikat durch Schwefelsäure zersetzt gilt dasselbe:

   Mol. Mol.

   Verhältnis $Al_2O_3$ : $SiO_2$ = $1 : \pm 2.0$

8. Auch die Menge Eisenoxyd ist ungefähr dieselbe 5.0 „

9. Zählt man die Bestandteile des colloïdalen Silikats zusammen, so erhält man:

| $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | Alkal. Basen | Sa. | |
|---|---|---|---|---|---|
| $12.4^4$ | $6.9^3$ | $4.8^2$ | $2.8^4$ | 27.0 pCt. | durch Salzsäure zersetzt. |
| 5.1 | $4.2^3$ | 0.2 | $0.4^6$ | 10.0 „ | „ Schwefels. „ |
| $17.5^4$ | $11.1^6$ | $5.0^2$ | 3.3 | 37.0 pCt. | |

Stark gebundenes Wasser 4.8

41.8 } colloïdales Silikat = Thon.

Berechnet man die alkalischen Basen, durch Essigsäure und Salzsäure gelöst, auf 100 T. durch Salzsäure zersetzbares Silikats und Humats (deren Menge beträgt 27 + 2.65 %) so ergiebt sich:

| $K_2O$ | $Na_2O$ | $CaO$ | $MgO$ |
|---|---|---|---|
| 2.1 | 1.6 | 3.6 | 2.2 |

10. Unverwitterter Teil (unlöslich in Salz- und Schwefelsäure). Dieser besteht aus Quarz und feldspathartigen Silikaten, denn die Menge Kali und Natron überwiegt die alkalischen Erden. Die Menge Quarz ist etwas grösser, als im Y-Thon. Wenn für ein Mol. $Al_2O_3$ sechs Mol. $SiO_2$ abgezogen werden, so bleiben noch 37 % $SiO_2$ übrig.

Die Körnergrösse varriiert zwischen 0.4 mm und einzelne Mikrons — im Mittel 0.06 mm.

Es ergiebt sich, dass dieser alluviale Thon aus Rembang dieselbe Zusammensetzung hat, wie der Y-Thon in Holland, was die durch Salzsäure und die durch Schwefelsäure zersetzbare Thonmenge anbetrifft, denn berechnet nach dem Abzug von Carbonaten, Chloruren und Sulfaten auf 100 Teile erhält man:

| | Durch Salzsäure zersetzt pCt. | Durch Schwefelsäure zersetzt pCt. | Stark gebundenes Wasser pCt. | Humus pCt. | Unlösliches pCt. |
|---|---|---|---|---|---|
| | $\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$ — $Fe_2O_3$ — Bas. = zusammen | $\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$ — $Fe_2O_3$ — Bas. = zusammen | | | |
| Y-Thon | 20.0 — 6.0 — $4.4^5$ = 30.4 | 13.1 — 1.0 — 0.2 = 14.3 | 5.3 | 7.7 | 43.6 |
| Rembg.-Thon | 20.6 — 5.4 — $3.1^6$ = 30.2 | 10.4 — 0.5 — 0.2 = 11.1 | 5.3 | $2.9^5$ | 50.8 |
| Mol.-Verhältn. zwisch. Alaunerde u. Kieselsäure in beiden Erden | *1* : ± *3* | *1* : ± *2* | | | |

Der Unterschied besteht darin, dass das colloïdale Silikat und Humat des Y-Thons höher gesättigt ist mit alkal. Basen, nämlich mit Kali und Magnesia. Das liess sich erwarten, weil der Y-Thon noch mit Brakwasser getränkt ist, also mit löslichen Salzen der alkal. Basen. Im unverwitterten Teil ist die Menge Mineralienfragmente geringer im Rembang-Thon, als im Y-Thon.

(Berechnet nach Abzug der Karbonaten, Chloruren und Sulfaten.)

| | Unlösliche Silikate | Quarz |
|---|---|---|
| Y-Thon . . . | ± 14.7 | 27.6 |
| Remb.-Thon . . | ± 9.4 | 41.4 |

Ebenso ist der Humusgehalt viel höher. Der frische Seeschlick aus dem Y hat also eine fruchtbarere Zusammensetzung, als der Thon aus Rembang bei dem Kening.

Die Zusammensetzung des Thones kann vorgestellt werden wie folgt:

| Bestandteil | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Chlor als Chlornatrium | $0.03^{6}$ | | | |
| Schwefelsäure als Gyps | 0.1 | | | |
| Kohlensaurer Kalk | 10.2 | | | |
| Phosphorsäure | 0.13 | | | |
| Humus | 2.65 | | (0.03 Schwefel haltend.) | |
| Coll. Silikat durch Salzsäure zersetzbar | 27.0 | 0.54 | alkal. Basen in Essigsäure löslich, | teilweise aus dem Humat. |
| | | 2.3 | alkal. Basen in Salzsäure löslich, | |
| | | 19.37 | $Al_2O_3$ u. $SiO_2$ im Verhältnis *1 : 3*. | |
| | | 4.82 | $Fe_2O_3$. | |
| Coll. Silikat durch Schwefelsäure zersetzbar | 10. | 0.46 | alk. Basen. | |
| | | 9.33 | $Al_2O_3$ u. $SiO_2$ im Verhältnis *1 : 2*. | |
| | | 0.2 | $Fe_2O_3$. | |
| Stark gebundenes Wasser | 4.8 | | | |
| Unlösliche Silikate (Feldspathartig) | ± 8.4 | | | |
| Quarz | ± 37.1 | | | |
| | $100.^{5}$. | | | |

Diese Zusammensetzung des Bodens steht im Einklang mit dem Ursprunge des Schlammes, woraus er entstanden ist, nämlich aus den tertiären Schichten in Rembang, worin viele Kalkgesteine vorkommen.

Leiden, 1. Dezember 1889.

---

# Über die Bestimmung des Wassers, des Humus, des Schwefels, der in den colloïdalen Silikaten gebundenen Kieselsäure, des Mangans u. s. w. im Ackerboden.

Von

Prof. Dr. J. M. VAN BEMMELEN-Leiden.

---

Im Folgenden gebe ich eine kurze Übersicht der von mir befolgten Methoden, insoweit sie von den bekannten abweichen, unter gleichzeitiger Berücksichtigung der dabei gemachten Erfahrungen.

---

### Der Wassergehalt, sogenanntes hygroskopisches Wasser.

Die Ackererde enthält colloïdalen Humus und colloïdales Silikat. Die Art und Weise, wie colloïdale Substanzen Wasser absorbiert halten, habe ich schon an anderer Stelle ausführlich behandelt.[1])

Indem ich darauf zurück verweise, hebe ich hier hervor, dass die Colloïde das Wasser mehr oder weniger zurückhalten, in Abhängigkeit: 1° von der Zusammensetzung und von dem molecularen Gleichgewichtszustande desselben, 2° vom Druck des Wasserdampfes des Raumes, 3° von der Temperatur — und zwar geschieht dies in Mengenverhältnissen, die keiner chemischen Formel entsprechen. Bei jeder Temperatur ist also die

---

[1]) Sur la nature des Colloïdes et leur teneur en eau. Recueil des Trav. chem. des Pays-bas 1888. page 1—37.

Menge absorbierten Wassers verschieden, die das Colloïd in mit Wasserdampf gesättigtem Raume festhalten kann, und womit sie dann gesättigt ist. Bei jeder Temperatur ist also auch die Menge Wassers verschieden, die es im teilweise mit Wasser gesättigten Raum, oder die es im trocknen Raum absorbiert hält, sobald Gleichgewicht eingetreten ist.

Die Menge Wasser, die lufttrockene Erde also bei 100° abgiebt, hat keine besondere Bedeutung. Ausser der Bestimmung der Menge Wassers, die die Erden in ihrer natürlichen Lage bei gewöhnlicher Temperatur kapillar aufgesogen halten kann, sollte noch die Bestimmung der Wassermenge, welche sie aus einem mit Wasserdampf gesättigten Raum bei verschiedenen Temperaturen aufnimmt, von Interesse sein.

Es folgt daraus, dass es keinen besonderen Wert hat, die Zahlen der Analyse auf bei 100° oder 110° getrocknete Erde zu berechnen. Ich habe es vorgezogen, zum Vergleichungspunkt zu wählen: die über Schwefelsäure getrocknete Erde; also den Punkt, bei welchem die Dampfspannung des Wassers in der Erde bei $\pm$ 15° sich Null nähert.

Das Wasser, dass dann noch in der Erde zurückbleibt, habe ich als stark gebundenes Wasser bezeichnet. Hierüber weiter unten.

---

## Der Humusgehalt.

Dieser ist erhalten durch Multiplikation des Kohlenstoffgehaltes mit dem Faktor von Wolff: 1.724. Die Bestimmung von Kohlenstoff, Wasser (dass dem Wasserstoff des Humus entsprechende und das stark gebundene Wasser), sowie der Glühverlust geschah im offenen Elementar-analysen-Rohr im Sauerstoffstrom; die Stickstoffbestimmung nach Dumas.

Der Kohlenstoffgehalt wurde bei Erden, die kohlensauren Kalk enthalten, abgeleitet aus der Kohlensäure, die vom Kaliapparat aufgenommen (a), aus der in der Erde zurückgebliebenen Kohlensäure (b) (welche letztere nachher bestimmt wurde), und aus der besonders bestimmten Kohlensäure (c) aus den Karbonaten der Erde. Für jede Bestimmung wurden 5—3 g Erde genommen, weil bei kleineren Mengen die Fehler der Analysen das Resultat zu stark beeinflussen. Der Kohlenstoff wurde dann berechnet nach der Formel: Kohlenstoff = $^3/_{11}$ (a + b − c).

---

## Die Kohlensäure der Karbonate.

Aus den folgenden Bestimmungen hat sich ergeben, dass es nötig ist, die Kohlensäure bei gewöhnlicher Temperatur auszutreiben, da bei dem Erhitzen bis zum Sieden Kohlensäure aus dem Humus gebildet wird[1]). Die meisten Kohlensäurebestimmungen, wie auch die früher von mir angestellten, haben dadurch wohl eine zu hohe Zahl ergeben.

So gab z. B. die vulkanische Erde auf Deli, welche 5 °/₀ Humus enthält:

| | I |
|---|---|
| bei ± 15° | 0.01 pCt. $CO_2$, |
| „ Siedehitze (erste Anal.) | 0.64 „ „ |
| „ „ (zweite „ ) | 0.56 „ „ |

Diese Erde enthält also keine Karbonate, und die bei Siedehitze gefundene Kohlensäure muss aus den Humussubstanzen gebildet sein durch Einwirkung der verdünnten Säure.

Ein schwerer Thon (3 g) mit 6.9 °/₀ Humus ergab:

| | | |
|---|---|---|
| bei ± 15° . . . . . . . . | 3.60 pCt. $CO_2$ | Auf einmal bestimmt beim Kochen 4.29 pCt. $CO_2$. |
| bei 100° (ohne Kochen) noch | 0.53 „ „ | |
| beim Kochen . . . . „ | 0.11 „ „ | |
| Zusammen | 4.24 pCt. $CO_2$ | |

Ein dritter Versuch mit einem leichten Thone (5.5 g), der 3.2 pCt. Humus enthielt, ergab:

| | | |
|---|---|---|
| bei 15°, nachdem so lange Luft durchgeleitet war, dass das Gewicht der Absorptionsröhren konstant blieb, . . . . | | 5.9 pCt. $CO_2$ |
| bei Kochhitze . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | noch | 0.43 „ „ |
| bei fortgesetztem Kochen . . . . . . . . . . . . | „ | 0.2 „ „ |
| Idem . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | „ | 0.07 „ „ |

Die bei Siedhitze aus humushaltigen Erden erhaltene Kohlensäure darf also nicht unbedingt als Kohlensäure der Karbonate in Rechnung gezogen werden.

---

[1]) In einem möglichst kleinen Kölbchen wurde die Erde bei gewöhnlicher Temperatur mit verdünnter Schwefelsäure oder mit Citronensäure behandelt, und das austretende Gas durch Schwefelsäure getrocknet und aufgefangen durch Natronkalk; hinter diesem befand sich ein Röhrchen mit Glasstücken, mit Schwefelsäure befeuchtet, welches den aus dem Natronkalk mitgenommenen Wasserdampf zurückhielt. Ein Strom von ungefähr 1 Liter $CO_2$-freier Luft war genügend, um alle $CO_2$ auszutreiben, wenn die Bestimmung bei der gewöhnlichen Temperatur stattfand. Ein Kontrolversuch mit einer bekannten Menge Soda wurde angestellt.

## Der Glühverlust.

Nur bei Erden, die keine Karbonate und keine Chlorure und Sulfure enthalten, kann der Glühverlust als die Summe des Humus + Wassers betrachtet werden.

Durch Befeuchten mit kohlensaurem Ammoniak darf die Korrektion für die ausgetriebene Kohlensäure nicht ausgeführt werden, wie es bis jetzt Gebrauch war. Denn erstens nimmt die geglühte Magnesia, wenn sie ihre Kohlensäure verloren hat, diese nicht oder nicht vollständig wieder auf, und können zweitens Umsetzungen mit den Chloruren stattfinden; drittens wird der Kalk aus dem Humat dabei zu kohlensaurem Kalk. Chlorure können sich beim Glühen verflüchtigen, oder oxydiert werden. Die aus Sulfuren gebildete Schwefelsäure kann Kohlensäure austreiben; des weiteren nimmt das Eisen des Pyrits Sauerstoff auf. Alle diese Wirkungen machen die Zahl des Glühverlustes sehr fehlerhaft.

Ich habe darum, beim Meeresschlick, die Erde nach der Elementar-Analyse gewogen, und darin nebst $CO_2$ noch Cl und $SO_3$ bestimmt. Die Vergleichung dieser Bestimmungen mit denen in der ursprünglichen Erde von $CO_2$, Cl, $SO_3$ und S (des Pyrits), ergaben die nötigen Korrektionen, nämlich: für die Gewichtszunahme durch Oxydation von S und Fe, und für die Gewichtsabnahme durch die Verflüchtigung von NaCl, von S und von $CO_2$ aus den Karbonaten. Eine Spur Chlor wird als Eisenchlorid verflüchtigt, jedoch das Mol-Gewicht des Na Cl (58,5) ist fast nicht verschieden von der aequivalenten Menge $Fe_2 Cl_6$ (54.1). Auf diese Weise bleibt freilich die Bestimmung des Glühverlustes des Meeresschlicks weniger genau, als die von Erden, die frei von Karbonaten und Sulfuren sind, und die, wie es bei gewöhnlichen Ackererden der Fall ist, nur geringe Mengen Chlorure und Sulfate enthalten; sie ist jedoch möglichst korrigiert.

---

## Das stark gebundene Wasser.

Das Wasser, das noch bei $\pm 15^0$ im trocknen Raum in der Erde verbleibt, ist grösstenteils von dem Colloïden-Komplex gebunden; für einen sehr kleinen Teil kann es in den krystallinischen Silikaten der Erde vorkommen.

Ich habe es als „stark gebundenes Wasser“ bezeichnet.

Die Bestimmung desselben bietet natürlich Schwierigkeiten, und lässt keine grosse Genauigkeit zu. Ich leite die Menge

ab: einerseits aus der Differenz zwischen Glühverlust und dem (aus dem Gehalt an Kohlenstoff) berechneten Humus, — andererseits aus der Differenz zwischen dem bei der Elementar-Analyse erhaltenen Wasser, und dem Wasser, welches dem berechneten Wasserstoff des Humus entspricht.

Wenn der Wasserstoffgehalt des Humus richtig angenommen ist, und durch den Faktor 1.724 nicht ein zu grosser Fehler eingeführt wird, müssen beide Differenzen übereinstimmen. Umgekehrt würde man aus der Differenz zwischen dem gefundenen Wasser und dem berechneten Gehalt an stark gebundenem Wasser, den Wasserstoffgehalt des Humus berechnen können.

Der Wasserstoffgehalt der Humuskörper (bei 100° getrocknet) schwankt zwischen 4 und 5 %.[1] EGGERTS[2]) hat vor kurzem in Humussubstanzen, die er aus 13 Böden erhielt, (indem er sie erst mit schwacher Salzsäure auszog, dann mit Ammoniak oder Kalilauge, und diesen alkalischen Auszug mit Säure fällte) gefunden . . . . . . . . . 4,3 bis 6,6 % H.

Es hat sich bei meinen Analysen herausgestellt, dass bei fünf der untersuchten Boden eine gute Übereinstimmung bekommen wurde, wenn für den Schwefelsäure-trocknen Humus ein Wasserstoffgehalt von 5 % angenommen wurde, wie aus dem Folgenden sich ergiebt:

Vulkan. Thon Deli (I)
Elementar-Analyse

$2.94^{3}$ pCt. C
$14.78^{7}$ „ $H_2O$
$0.28^{8}$ „ N
17.54 „ Glühverlust

Erste Berechnung:

Glühverlust . . . . 17.54 pCt.
$2.94^{3}$ Kohlenst. $\times$ 1.724 = 5.07 „ Humus.
Also berechnet . . . 12.47 pCt. stark geb. Wasser.

Zweite Berechnung:

5.07 Humus $\times$ 5 pCt.
Wasserstoff = $0.25^{3}$ pCt. Wasserstoff im Humus
entsprechend . . . 2.28 pCt. Wasser.
Wasser gefunden . 14.79 „ „
Also berechnet 12.51 pCt. stark geb. Wasser.

Dritte Berechnung:

Stark gebundenes Wasser . . 12.47 pCt.
Wasser aus dem Wasserstoff des Humus . . . . . . . . . 2.28 „
Zusammen 14.75 pCt. Wasser.
Gefunden . . . . 14.79 „ „

[1]) S. MULDERS Chemie der Ackererde Bd. I Abschnitt III (Holländische Ausgabe). Die organischen Substanzen im Boden.

[2]) BIEDERMANNS C. Bl. Agr. Ch. 1889, S. 79.

Auf dieselbe Weise wurden bei den drei anderen vulkanischen Thonen, und bei dem gewöhnlichen alluvialen Thon aus Rembang (bei dem Fluss der Kening) gefunden:

| pCt. Wasser: | Deli I. | Deli II. | Gondang Legie. | Sirka Anjar. | Rembang. |
|---|---|---|---|---|---|
| Berechnet | 14.7⁵ | 7.7⁴ | 8.0⁶ | 4.9⁰ | 6.0¹ |
| Gefunden | 14.7⁹ | 7.6³ | 8.0⁵ | 4.7⁰ | 6.0⁰ |
| Differenz | + 0.0⁴ | + 0.11 | — 0.0¹ | + 0.2 | + 0.0¹ |

Dagegen beim Seeschlick, der unter Wasser liegt, oder erst neuerdings von dem Wasser frei gekommen ist (der Boden des Y war noch mit Seewasser getränkt, als ich die Proben sammelte) musste ich einen höheren Wasserstoffgehalt annehmen, nahe an 6 %. Die Berechnung ergiebt dann:

| pCt. Wasser: | Seeschlick aus dem Y. (Schwerer Thon.) | Seeschlick aus dem Zuiderzee. (Leichter Thon.) |
|---|---|---|
| Berechnet | 8.6¹ | 3.71 |
| Gefunden | 8.5⁷ | 3.57 |
| | + 0.0⁴ | 0.1⁴. |

Diese Berechnung ist freilich innerhalb einiger Zehntel Prozente unsicher, weil die Zahl des Glühverlustes korrigiert werden muss (siehe oben Seite 280), und die Fehler in den beiden Bestimmungen von Cl, von $SO_3$, von S, von $CO_2$, sich also in dieser Zahl anhäufen.

Trotz dieser Ungenauigkeit stellt es sich sicher genug heraus, dass die organischen Bestandteile einer unter Wasser verkehrende Erde wasserstoffreicher sind, als in einer der Luft ausgesetzten und kultivierten Ackererde, wie zu erwarten war.

---

## Die Schwefelsäure und der Schwefel.

Die Bestimmung der Schwefelsäure bietet verschiedene Schwierigkeiten. Ein kleiner Teil kann als in Wasser unlösliches Sulfat anwesend sein. Weiter kommt immer etwas Schwefel in dem organischen Komplex vor.

Wenn man die Erde mit Wasser auszieht, dann kann darin die Schwefelsäure nur dann bestimmt werden, wenn nur eine Spur Humussubstanz mitgelöst ist. Ist dagegen viel Humussubstanz, und ist Eisenoxyd in der Lösung — wie dies beim salzsauren Auszug der Fall ist — dann müssen beide

entfernt werden, sonst ist die Bestimmung durchaus ungenau. Durch Schmelzen des Rückstandes der Lösung mit $Na_2CO_3$ und etwas Salpeter wird die organ. Substanz vernichtet und nach Behandlung mit Wasser das Eisenoxyd abgeschieden; wenn jedoch Schwefel in der gelösten organischen Substanz anwesend ist, wird dieser zu $SO_3$ oxydiert. Die Bestimmung der Schwefelsäure und des Schwefels bleibt dadurch, sei es auch in geringem Maase, ungenau. Ich fand zum Beispiel in einem Java-Thon, der reich war an $CaCO_3$, und also wohl kein basisches Ferrisulfat enthielt:

| | Ausgezogen: | pCt. | |
|---|---|---|---|
| | Kalt mit sehr schwacher Salzsäure . . . | 0.04 $SO_3$ | |
| Auffolgend: | Kalt mit konzentr. Salzsäure, die Lösung eingedampft und mit Soda und Salpeter geglüht . . . . . | 0.07 $SO_3$ | zusammen 0.2 $SO_3$. |
| | Mit Königswasser zur Oxydation des Schwefels, die Lösung eingedampft und mit Soda und Salpeter geglüht | 0.14 $SO_3$ | |
| | Gleich mit Königswasser u. s. w. . . . . . . . . . . . . | | 0.2 $SO_3$. |
| | Glühung im Tiegel mit Soda und Salpeter . . . . . . . . | | 0.16 $SO_3$. |

Die Differenz zwischen 0.04 und 0.07 % kann dem Schwefel zugeschrieben werden, der in organischer Substanz, welche durch die konzentrierte Salzsäure gelöst war, vorhanden war. Die Menge ist aber zu gering, um daraus einen sicheren Schluss zu ziehen. Möglich bleibt es, dass die sehr schwache Salzsäure nicht alles Sulfat gelöst hat. Die Menge des in organischer Substanz gebundenen Schwefels soll also ungefähr betragen:

$$\frac{0.2-0.07}{80} \times 32 = 0.05 \text{ pCt. S.}$$

Die Bestimmung des Schwefels in der Erde Deli I (S. 258) wurde mit noch grösserer Genauigkeit nach drei verschiedenen Methoden ausgeführt. Die benutzten Mengen Salzsäure, Salpetersäure, Soda wurden abgemessen oder abgewogen (wie dies auch bei den oben mitgeteilten Analysen geschah), und ein darin bestimmter sehr geringer Gehalt von $SO_3$ in Abzug gebraeht.

Bei den Analysen *a*, *b*, *c* enthielten die Lösungen nur wenig Humussubstanz. Nach Abscheidung der Kieselsäure wurden $Fe_2O_3$ und $Al_2O_3$ mit Soda bei Kochhitze entfernt, und im angesäuerten Filtrat die Schwefelsäure mit Chlorbarium gefällt und diese erst nach 2 Tagen abfiltriert. Da der colloïdale Niederschlag von $Fe_2O_3$ und $Al_2O_3$ noch $SO_3$ zurückhalten kann,

wurde er wieder gelöst und mit Chlorbarium mehrere Tage hingestellt.[1])

Bei den Analysen *f* und *g* wurde die Substanz in einem Verbrennungsrohr mit einem Überschuss von Soda gemischt und eine lange Schicht Soda vorgelegt. Die Erhitzung fand in einem Strome Sauerstoff statt und wurde nicht so hoch getrieben, dass das Glas angegriffen war.

Bei der Analyse *d* und *e* wurde die Erde im Platintiegel mit Soda und Salpeter gemischt und in einem Muffelofen bei schwacher Rotglut erhitzt. Ein Kontrol-Versuch ergab, dass auf diese Weise keine $SO_3$ aus dem Leuchtgase aufgenommen wurde.

Alle Eindampfungen der Lösungen fanden in Platinschalen statt auf dem Wasserbade, nie auf der freien Leuchtgasflamme.

| | Versuchsmenge | Bestimmungs-Methode | % $SO_3$ | |
|---|---|---|---|---|
| *a)* | 5 g | Auszug mit Wasser . . . . . . . <br> „ nachher mit sehr verd. Salzsäure | 0.027 <br> 0.031 } 0.058 | im Mittel 0.064 % |
| *b)* | 10 g | Auszug mit kalter Salzs. (1 auf 3 Wasser) | 0.070 | |
| *c)* | 5 g | Auszug mit Königswasser . . . . . | 0.140 | im Mittel 0.128 % |
| *d)* | 5 g | Erhitzung mit Soda u. Salpeter im Tiegel | 0.125 | |
| *e)* | 5 g | Idem . . . . . . . . . . . . . . | 0.142 | |
| *f)* | 10 g | Im Verbrennungsrohr mit Soda; Strom Sauerstoff . . . . . . . . . | 0.106 | |
| *g)* | 10 g | Idem . . . . . . . . . . . . . | 0.128 | |

Also war gefunden:

$SO_3$ im Ganzen . . . . . $0.12^8$
$SO_3$ als Sulfat . . . . . $0.06^4$

Also aus Schwefel gebildet $0.06^4$ $SO_3$ = $0.02^5$ S.

Wenn man annehmen darf, dass kalte verdünnte Salzsäure alle Sulfate, auch das möglich an Eisenoxyd gebundene,[2]) aus

[1]) Ausserdem wurden Kontrol-Analysen gemacht mit einer Lösung, die 4 mg $SO_3$ enthielt:

| | Gefunden: |
|---|---|
| nach Versetzen mit 150 mg Eisenoxyd . . . . | 3.8 mg $SO_3$ |
| „ „ „ 20 g Soda . . . . . . . | 4.2 „ „ |
| „ „ „ 500 mg Alaunerde . . . | 4.2 „ „ |

[2]) Die Erde Deli I enthält keinen kohlensauren Kalk.

der Erde zu lösen vermag, dann enthält die Erde Deli I, die geringe Menge von 0.02 bis 0.03 % Schwefel, welche ohne Zweifel in der organischen Substanz gebunden ist.[1])

## Die Kieselsäure und die Alaunerde in dem colloïdalen Silikat.

Ich habe versucht durch Anwendung der folgenden Methode die Kieselsäure zu bestimmen, welche bei der Zersetzung des colloïdalen Silikates durch Salzsäure und durch Schwefelsäure frei wird. Es ergab sich mir, dass der Hydrogel von Kieselsäure, selbst nachdem er getrocknet oder kurz geglüht war, beim Schütteln mit verdünntem Kali (ich benutzte Kalilösung von 1.05 S. G.)[2]) bei 50°, schon innerhalb 5 Minuten ganz gelöst wird.

Bei gewöhnlichen Thonen wird das Silikat dadurch nicht oder nur wenig angegriffen, auch keine freie Kieselsäure gelöst. So erhielt ich:

| Leichter Thon aus dem Zuiderzee. | Gelöst | |
|---|---|---|
| | $Al_2O_3$ | $SiO_2$ |
| 1. Behandlung mit verdünnter Essigsäure, um die Salze zu entfernen, . . . . . . . . . . . . | 0.07 pCt. | 0.08 pCt. |
| 2. danach mit verdünntem Kali (5 Minuten bei 50°) | Spur | 0.08 „ |

Auf diese Weise wurden die Erden nach der auffolgenden Behandlung mit Salzsäure verschiedener Stärke, und dann mit Schwefelsäure, jedesmal mit verdünntem Kali behandelt. Selbstverständlich konnten in diesen Auszügen nur $SiO_2$, $Al_2O_3$ und $Fe_2O_3$ bestimmt werden; die übrigen Bestandteile wurden aus anderen Portionen Erde, unter denselben Umständen mit Salzsäure oder Schwefelsäure ausgezogen, bestimmt. Es ergab sich, dass die Kieselsäure, welche aus dem colloïdalen Silikat abge-

---

[1]) Berthelot fand in seiner Versuchserde eine grössere Menge Schwefel neben einer gleichen Menge Schwefelsäure:

0.045 pCt. $SO_3$
0.122 „ S.

Ann. d. Ch. et d. Ph. 1888. J. XV. p. 124.

[2]) Ein geringer Gehalt an $Al_2O_3$ und $SiO_2$ in dem Kali wurde bestimmt und immer in Abzug gebracht. Bei dieser Bestimmung wurde der Versuch (Schütteln bei 50° u. s. w.) in denselben gläsernen Kolben ausgeführt, wie bei den Bestimmungen in den Erden.

schieden wird, sich in verdünnter Salzsäure nur zum Teile löst, um so weniger je nachdem die Salzsäure stärker ist, z. B.

| | Auffolgende Behandlung mit: | $Al_2O_3$ | $SiO_2$ |
|---|---|---|---|
| Schwerer Y-Thon. | verdünnter Salzsäure . . . | 1.65 | 1.27 |
| | verdünntem Kali . . . . . | 0.21 | 2.19 |
| | starker Salzsäure . . . . . | 4.28 | 0.31 |
| | verdünntem Kali . . . . . | 0.2 | 7.93 |
| Leichter Thon aus dem Zuiderzee. | verdünnter Salzsäure . . . | 0.85 | 0.95 |
| | verdünntem Kali . . . . . | Spur | 1.45 |
| | starker Salzsäure . . . . . | 1.73 | 0.3 |
| | verdünntem Kali . . . . . | Spur | 4.5 |

Die vulkanischen Thone werden freilich durch verdünntes Kali stark angegriffen, so dass man die Zusammensetzung des Colloïd-Silikat ebensogut durch nachfolgende Extraktion mit Salzsäure, wie mit Kali, erzielen kann.

Wenn in den Kaliauszügen Eisenoxyd gefunden ist, so ist das leicht zu erklären. Die gelösten Humussubstanzen bringen Eisenoxyd in alkalische Lösung [1]).

Bei der Bestimmung der Kieselsäure und der Alaunerde wurden immer die organischen Substanzen durch Erhitzen des Rückstandes der Lösungen in einer Platinschale mit Schwefelsäure zerstört.

Dabei wird die Kieselsäure vollständig oder fast vollständig von der Alaunerde geschieden, wenn der Rückstand wieder in Salzsäure gelöst wird. Bei dem Auszug mit Kali bildet sich Kaliumbisulfat, und dadurch wird die organische Substanz am bequemsten und schnellsten zerstört.[2])

Die Kieselsäure wurde immer mit FlH auf ihre Reinheit geprüft. Bei den Bestimmungen der Alaunerde und Kieselsäure in den salzsauren Auszügen, die für die Bestimmungen der alkalischen Basen dienten, wurden die abgeschiedene und ge-

---

[1]) Siehe meine Abhandlung. „Die Absorptionsverbindungen“ in dieser Zeitschrift Bd. 35 Seite 113 und 114.

[2]) Das Kaliumbisulfat ist denn auch neuerdings von Gunning (Recueil des Travaux Chimiques des Pays-bas. 1889. p. 254) bei der Kjehldahl'schen Stickstoff-Bestimmung empfohlen als am schnellsten zum Ziel führend, was ich bestätigen kann.

wogene Kieselsäure mit FlH und $H_2SO_4$ behandelt — was nicht zu vernachlässigen ist — und im Rückstand die kleinen Mengen $Al_2O_3$ bestimmt. Bei genauen Arbeiten muss auch im Gemisch von $Al_2O_3$ und $Fe_2O_3$ einem etwaigen Gehalt an Kieselsäure nachgeforscht werden.[1]

---

## Die alkalischen Basen.

Die Trennung derselben von den alkalischen Erden geschah nach der Methode Deville (mit Oxalsäure), wobei etwa anwesende Schwefelsäure vorher mit Chlorbarium ausgefällt wurde. Spuren Alaunerde und MnO, kamen bei der Trennung von BaO, CaO und MgO zu Tage. Korrektionen für einen minimalen Gehalt der Oxalsäure an Kalk und Kali, und für die geringe Menge Magnesia, die bei den Alkalien zurückbleibt, wurden angebracht.

---

## Mangan.

Die Bestimmung des Mangans neben $Fe_2O_3$, $Al_2O_3$, CaO, u. s. w. bietet eigentümliche Schwierigkeiten. In den gewöhnlichen alluvialen Thonen ist dessen Menge verhältnismässig gering, und habe ich die Bestimmung vernachlässigt. In den vulkanischen Thonen fand sich die Menge im Verhältnis zum Kalk und Magnesia bedeutender. Ich bestimmte sie daher noch einmal besonders in einer ziemlich grossen Menge Erde — 6 Gramm — nach der Methode von Carnot.[2] Bei vorläufiger Prüfung fand ich diese Methode bequemer und auch besser, als die von Schneider[3] mit dem braunroten Bismuthperoxyd

---

[1] Die von den alkalischen Basen getrennte $Al_2O_3$ und $Fe_2O_3$ (nach der Methode Deville, oder unter den bekannten Vorsorgen durch Ammoniak) wurde: entweder in zwei Portionen geteilt, in der einen die Korrektion für $SiO_2$ ausgeführt, in der zweiten $Al_2O_3$ und $Fe_2O_3$ nach geprüfter Methode bestimmt — oder die Korrektion für $SiO_2$ ausgeführt, und dann das stark geglühte (sonst wird noch Wasser zurückgehalten) und gewogene Gemisch von $Al_2O_3$ und $Fe_2O_3$ durch Schmelzen mit Soda wieder in Salzsäure löslich gemacht und in dieser Lösung das Eisen bestimmt. Zur Bestimmung des Eisens wurde immer die Methode Oudemans angewandt.

[2] C. R. 1888. Vol. 107 p. 999 et 1150.

[3] Monatsh. f. Ch., B. 9 Heft 3 (1888).

(ungefähr $Bi_2O_4$). Der salzsaure Auszug der Erde wurde eingedampft und mit Kaliumbisulfat erhitzt, um die organische Substanz zu vernichten, und die neutralisierte Lösung des Rückstandes mit 20 cc Wasserstoffperoxyd-Lösung und 30 cc Ammoniak gefällt. Das farblose Filtrat gab mit Salpetersäure und Bismuthperoxyd keine Spur Reaktion mehr auf Mangan. Der Niederschlag, durch Decantation ausgewaschen, wurde in dem Kohlensäure-Apparat (siehe oben S. 279) übergebracht und mit Oxalsäure und verd. Schwefelsäure behandelt. Aus der erhaltenen $CO_2$ liess sich das Mangan berechnen, unter der Annahme Carnot's dass dem Niederschlag die Formel $Mn_6O_{11}$ zukommt. Auf diese Weise wurde erhalten:

| | |
|---|---|
| im Auszug mit verd. Salzsäure von 1.04 SG (1/2 Stunde geschüttelt) | 0.27 |
| darauf im Auszug mit konz. Salzsäure (1 Stunde bei Kochhitze) | 0.11 |
| Zusammen | 0.38 pCt |

Leiden, 1. Dezember 1889.

## Verband landwirtschaftlicher Versuchs-Stationen im Deutschen Reiche.

**Protokoll über die gemeinsame Sitzung der Düngerkommission des Verbands der Versuchs-Stationen und der Vertreter der Düngerfabrikanten zu Leipzig am 26. Januar 1890.**

Der Vorsitzende, Prof. MAERCKER-Halle, eröffnet die Sitzung um 9 $^{1}/_{2}$ Uhr. Anwesend sind die Herren:

| | |
|---|---|
| DR. BRUNNER-Wetzlar<br>DR. v. GRUBER-Vienenburg<br>DR. GÜSSEFELD-Hamburg<br>DR. LÜDDECKE-Nienburg<br>DR. RIEMANN-Hannover.<br>DR. SCHEELE-Hamburg | als Vertreter der Düngerfabrikanten. |
| Prof. DR. MAERCKER-Halle<br>DR. MÜLLER-Hildesheim<br>DR. STUTZER-Bonn<br>Prof. DR. WAGNER-Darmstadt | als Mitglieder der Düngerkommission des Verbandes. |

DR. MORGEN-Halle als Protokollführer.

Ihr Ausbleiben hatten entschuldigt: Prof. DR. FLEISCHER-Bremen. Prof. Dr. SCHULTZE-Braunschweig.

DR. GÜSSEFELD berichtet auf Ansuchen des Vorsitzenden über die Entstehung und Vereinbarung der in Hannover von den Chemikern an den Deutschen Düngerfabriken im November 1889 abgehaltenen Versammlung, auf welcher der Wunsch zum Ausdruck gekommen ist, mit der Verbandskommission der Versuchs-Stationen zum Zwecke vorberatender Besprechungen gemeinsam zu tagen. Als Vertreter der Handelschemiker sollte DR. WEISS an der heutigen Sitzung teilnehmen; derselbe ist am Erscheinen verhindert und für ihn DR. BRUNNER eingetreten.

Der Vorsitzende macht darauf aufmerksam, dass definitive Beschlüsse in der heutigen Sitzung nicht gefasst

werden könnten; es sollen nur Vorschläge von seiten der Vertreter der Düngerfabrikanten entgegengenommen und ein Plan für die Bearbeitung noch offener Fragen beraten werden. Die analytischen Fragen sollen bis zum Herbst bearbeitet werden und ein Austausch der dabei gewonnenen Erfahrungen in einer Sitzung vor der Verbandsversammlung in Bremen stattfinden.

Es wird nun an der Hand des Berichtes über die Versammlung in Hannover in die Berathung eingetreten.

Die in der Versammlung in Hannover zu Tage getretenen Gesichtspunkte sollen für die heutige Beratung als Unterlage dienen.

## A. Vorbereitung der Proben im Laboratorium.

§ 1. Trockene Proben von Phosphaten und künstlichen Düngemitteln müssen gesiebt und dann gemischt werden.

Dr. Müller regt an, dass die Hallenser Fassung „dürfen gesiebt werden" den Vorzug gegenüber der Hannoverschen Fassung „müssen" verdiene. Die Versammlung erklärt sich damit einverstanden.

§ 2. Bei feuchten Düngemitteln, bei welchen dieses nicht erreicht werden kann, hat sich die Vorbereitung auf eine sorgfältige Durchmischung zu beschränken; ebenso

§ 3. Bei Ankunft der Probe ist das Gewicht derselben zu bestimmen; bei Rohstoffen wird die Probe gesiebt, dann die Hälfte fein gepulvert; die andere Hälfte bleibt im ungesiebten Zustande zwecks Bestimmung der Feuchtigkeit.

bleiben ungeändert.

Zu § 4 wird vorgeschlagen die Restproben nur $^1/_4$ Jahr aufzubewahren, ferner das Wort „womöglich" zu streichen. Der Paragraph erhält daher folgende Fassung:

Die Aufbewahrung der Restproben soll in Gläsern mit dichtschliessendem Stöpsel in einem kühlen Raum geschehen. Die Proben sollen $^1/_4$ Jahr lang aufbewahrt werden.

§ 5. Bei Rohphosphaten und Knochenkohle soll zum Nachweis der Identität der Wassergehalt bei 105 bis 110° bestimmt werden. Bei Proben, welche während des Trocknens kohlensaures Ammoniak abgegeben, ist dieses ausserdem zu bestimmen; ebenso

§ 6. Es ist dahin zu wirken, dass den untersuchenden Chemikern nur sorgfältig entnommene, in dichtschliessende Glasgefässe verpackte Durchschnittsmuster von wenigstens 500 g Gewicht übersendet werden.

bleiben unverändert.

## B. Bestimmung der wasserlöslichen Phosphorsäure der Superphosphate.

§ 1. 10 oder 20 g des betreffenden Superphosphats werden in einer Reibschale mit reichlich Wasser angerieben und in eine Massflasche abgeschlämmt, dann wird aufgefüllt, unter wiederholtem Schütteln einige Zeit stehen gelassen und filtriert.

§ 2. Das Volumen des ungelöst gebliebenen Rückstandes bleibt bei der späteren Berechnung unberücksichtigt.

Dr. Müller empfiehlt statt des Anreibens und 2stündigen Stehenlassens halbstündiges Schütteln mit Wasser.

Dr. Stutzer hat schon bei $^1/_4$ stündigem Ausschütteln befriedigende Resultate erzielt. Bei feuchten Proben sei die Verteilung durch das Schütteln noch besser, als durch das Anreiben und Abschlämmen.

Dr. Brunner glaubt, dass Schüttelmaschinen nicht in allen Laboratorien autzustellen seien.

Dr. Scheele hält die Hallenser Fassung für ausreichend und das Abschlämmen für besser, als das Ausschüttteln.

Dr. Güssefeld ist gegen maschinelle Einrichtungen zum Ausschütteln, weil solche in kleinen Laboratorien nicht durchführbar seien.

Dr. v. Gruber hält diese Schwierigkeiten für leicht überwindbar, hält aber zunächst Versuche für notwendig zur Prüfung der Resultate mit dem Schüttelverfahren.

Der Vorsitzende ist der Ansicht, dass in kleinen Laboratorien das Schütteln auch mit der Hand oder mit kleinen einfachen Vorrichtungen stattfinden könne. Das Ausschütteln verdiene vor dem Anreiben insofern den Vorzug, als dabei jeder individuelle Einfluss beseitigt sei; ferner führe das Schütteln schneller zum Ziele. Die Versammelten halten vergleichende Versuche mit dem Schüttelverfahren für erwünscht.

Prof. WAGNER empfiehlt die Prüfung möglichst verschiedenartiger Superphosphate, ferner die Feststellung der Minimaldauer des Schüttelns.

Der Vorsitzende schlägt vor, Versuche mit folgenden Materialien auszuführen: Doppelsuperphosphat von ca. 40 %; Superphosphat von ca. 20 % mit und ohne Eisen; Knochenkohlensuperphosphat von ca. 12—14 %, Phosphoritsuperphosphat 8—10 %.

DR. MÜLLER hat seine Versuche mit einer Schütteldauer von 10, 20 und 30 Minuten ausgeführt.

DR. STUTZER schlägt 10, 15 und 20 Minuten vor.

Der Vorsitzende hält Versuche mit 15 und 30 Minuten für ausreichend. Die Versammlung ist damit einverstanden.

Es wird beschlossen, dass zur Ausführung dieser Versuche jeder der anwesenden Fabrikanten die ihm geeignet scheinende Anzahl von Superphosphaten, und zwar von jeder Sorte 15 kg, an eine Centralstelle (DR. MÜLLER, Hildesheim) schicken solle, von welcher aus die Verteilung an die einzelnen Versuchsansteller erfolgen solle. Von jeder Probe sind Versuche mit einer Schütteldauer von 15 und 30 Minuten auszuführen. Zum Vergleich ist das bisherige Verfahren des Anreibens nach den Hallenser Beschlüssen zur Ausführung zu bringen.

Bei allen Proben, auch bei Doppelsuperphosphaten sollen stets 20 g verwendet werden. Bei den Schüttelversuchen werden die 20 g Substanz mit $^3/_4$ l Wasser geschüttelt und dann auf 1 l aufgefüllt. Die Bestimmung der Phosphorsäure soll bei allen Versuchen nach der Molybdänmethode erfolgen.

§ 3. Die massanalytische Bestimmung der Phosphorsäure wird als nicht mehr zeitgemäss und deshalb als unzulässig erachtet.

Der Vorsitzende hält die Uranmethode bei Materialien bis zu $^1/_2$ % Eisen für absolut genau. Er fragt, welche Gründe dafür vorgelegen haben, diese Methode in Hannover als unzulässig zu bezeichnen.

DR. SCHEELE: weil man nicht vorher wissen könne, wie viel Eisen das Superphosphat enthalte.

DR. LÜDDECKE: weil es keine eisenfreien Rohmaterialien mehr gebe.

Der Vorsitzende hält es nicht für zulässig, eine als brauchbar erwiesene Methode zu verbieten. Er verliest einen Brief von PROF. SCHULTZE-Braunschweig, welcher den Vorschlag

macht, die Uranmethode unter den in Halle seiner Zeit vereinbarten Bedingungen als zulässig beizubehalten.

Dr. Scheele bemerkt, dass die Worte „nicht zeitgemäss“ sich auf das Material, nicht auf die Methode beziehen.

Dr. v. Gruber hält die Uranmethode nur bei eisenfreien Superphosphat für zulässig.

Prof. Wagner betont, es müsse erst der Beweis durch Versuche geliefert werden, dass die Uranmethode falsche Zahlen giebt, bevor die Hallenser Konvention umgestossen wird. Jeder müsse die Methode, welche er anwendet, selbst prüfen d. h. mit der Molybdänmethode vergleichen. Wenn dies mit der Uranmethode geschehe, so sei dieselbe auch brauchbar.

Dr. Scheele ist der Ansicht, dass die Uranmethode wegen vielfach aufgetretener Differenzen zu verwerfen sei.

Dr. v. Gruber hält eine absolut genaue Methode für erwünscht; eine solche sei nur die Molybdänmethode.

Der Vorsitzende bemerkt: Schaffen Sie Material dafür, dass die Uranmethode falsch ist, dann fällt dieselbe natürlich sofort.

Dr. Riemann hält die Uranmethode, richtig angewandt, für brauchbar.

Es wird beschlossen den § 3 ganz fallen zu lassen.

§ 4. Zuverlässig und massgebend ist die bekannte Molybdänmethode mit den Wagner'schen Änderungen.

Es wird beschlossen den § 4 fallen zu lassen.

Prof. Wagner und Dr. Stutzer werden ersucht, ihre Erfahrungen über die Molybdänmethode zu formulieren und sie später dem Protokoll beizufügen.

§ 5. Die sogenannte Citratmethode ist zulässig unter der Bedingung, dass dieselbe mit der Molybdänmethode gleiche Resultate liefert. Bei Schiedsanalysen ist nur letztere zulässig.

Es wird beschlossen, dass bei den Versuchen über das Ausschütteln der Superphosphate neben der Molybdänmethode gleichzeitig auch die Citratmethode angewendet werden soll und zwar in der Ausführung, wie sie in der Versuchs-Station Halle zur Anwendung kommt.

Der Vorsitzende verteilt an die Anwesenden eine genaue Vorschrift der in der Versuchs-Station Halle angewendeten Citratmethode (siehe Anlage).

Dr. Güssefeld wendet eine andere Citratmethode, das Gillbert'sche Verfahren an. Er bemerkt, dass es viele Citratmethoden gebe, und ist der Ansicht, dass jeder die seinige anwenden könne, wenn sie mit der Molybdänmethode übereinstimmende Zahlen gäbe.

Der Vorsitzende hält die Anwendung verschiedener Citratmethoden nicht für zulässig.

Prof. Wagner ist der Ansicht, Jeder könne nach der Methode arbeiten, es müsse aber eine bestimmte Methode empfohlen werden; kleine Modifikationen bei derselben seien zulässig, doch müsse Jeder die Verantwortung dafür übernehmen, dass alsdann das Verfahren mit der Molybdänmethode übereinstimme.

Dr. Brunner hat bei Doppelsuperphosphaten Differenzen gefunden. Es wird von verschiedenen Seiten darauf aufmerksam gemacht, dass die Lösung der Doppelsuperphosphate wegen der häufig darin vorhandenen Pyrophosphate zuvor mit Salpetersäure invertiert werden müsse.

Es wird beschlossen in der obigen Fassung des § 5 das Wort „sogenannte“ zu streichen.

§ 6. Für die Feuchtigkeitsbestimmung in Superphosphaten werden 10 g der Probe 3 Stunden lang auf 100° erhizt; der Gewichtsverlust gilt als Feuchtigkeitsgehalt.

Die Fassung des § 6 wird beibehalten.

C. Bestimmung der citratlöslichen Phosphorsäure.

Die Bestimmung ist für Superphosphate ohne Bedeutung. Es wird daher nicht weiter auf diesen Punkt eingegangen.

D. Bestimmung der unlöslichen Phosphorsäure.

§ 1. Zur Bestimmung der Phosphorsäure im Knochenmehl, Fischguano, Fleischdünger, Rohphosphaten und der Gesamtphosphorsäure in Superphosphaten wird die Probe in Königswasser gelöst, welches besteht aus 3 T. Salzsäure von 1.12 spec. Gew. und 1 T. Salpetersäure von 1.25 spec. Gew.

Es wird beschlossen, dass statt Königswasser auch Salpetersäure und Schwefelsäure zum Aufschliessen der Phosphate verwendet werden kann, und es wird vom Vorsitzenden für diesen Zweck das an der Vers.-Stat. Halle übliche Verfahren (siehe Anlage) empfohlen.

Der § 1 erhält danach die folgende Fassung:

Zur Bestimmung der Phosphorsäure im Knochenmehl, Fischguano, Fleischdünger, Rohphosphaten und der Gesamtphosphorsäure in Superphosphaten werden 5 g in 50 ccm Königswasser gelöst, welches besteht aus 3 T. Salzsäure von 1.12 sp. Gew. und 1 g Salpetersäure von 1.25 sp. Gew. oder mit 20 ccm concent. Salpetersäure von 1.42 sp. Gew. und 50 ccm concent. Schwefelsäure von 1.845 sp. Gew. 1/2 Stunde gekocht.

§ 2. Schlackenmehl wird in Salzsäure gelöst, dann Salpetersäure zugesetzt.

Dr. Müller empfiehlt das Lösen der Thomasschlacke mit Salzsäure, weil diese Methode häufig höhere Zahlen ergiebt.

Der Vorsitzende macht darauf aufmerksam, dass die Citratmethode eine Compensationsmethode ist, welche um so bessere Resultate liefert, wenn der Kalkgehalt der Lösung stets der gleiche ist, wie dies bei Anwendung der Schwefelsäure als Lösungsmittel der Fall ist. Aus diesem Grunde müsse die Schwefelsäure als Lösungsmittel empfohlen werden.

Der Vorsitzende teilt Zahlen mit von Versuchen, nach denen die salzsaure Lösung oft etwas höhere aber unrichtige Resultate giebt, weil aus der Salzsäurelösung mehr Kalk mit fällt und den Niederschlag verunreinigt. Man findet daher bei Anwendung der Salzsäure als Lösungsmittel zu hohe Zahlen, wie der Vergleich mit der Molybdänmethode ergiebt.

Dr. Müller hat in der salzsauren Lösung immer dasselbe wie mit der Molybdänmethode gefunden; Bedingung sei, dass die Lösung im siedenden Wasserbade vorgenommen werde.

Prof. Wagner bemerkt, dass bei hochprozentigen Thomasschlacken Salzsäure und Schwefelsäure das gleiche Resultat ergaben, bei niedrigprozentigen dagegen giebt die Schwefelsäure etwas weniger; die Zahlen der Letzteren stimmen aber mit der Molybdänmethode überein. Die niedrigeren Zahlen bei Anwendung von Schwefelsäure sind also nicht etwa eine Folge unvollständiger Aufschliessung, wie dies vielfach behauptet wird. Dagegen sind andererseits die höheren Zahlen, welche bei Anwendung von Salzsäure erhalten werden, eine Folge des Mitfallens von Kalk.

Dr. Müller hat mit der Schmelzmethode stets höhere Zahlen gefunden. Es wird dies von verschiedenen Seiten darauf

zurückgeführt, dass durch diese Methode auch der in den Schlacken etwa vorhandene Phosphor mit bestimmt wird.

Prof. Wagner will als Phosphorsäure in den Thomasschlacken diejenige Phosphorsäure bezeichnet wissen, welche be Anwendung der üblichen Aufschliessung mit Schwefelsäure nach Loges gefunden wird.

Dr. Güssefeld schliesst mit Salzsäure und Salpetersäure auf und erhält dabei stets höhere Zahlen. Es wird darauf aufmerksam gemacht, dass auch bei diesem Verfahren der Phosphor als Phosphorsäure mit bestimmt wird und dasselbe daher zu hohe Zahlen liefern muss.

Prof. Wagner bezeichnet es als einen Fehler, wenn man für die Citratmethode Salzsäure als Lösungsmittel anwendet. Die Citratmethode giebt nur richtige Zahlen bei Anwendung von Schwefelsäure.

Dr. Müller muss an der Salzsäure festhalten. Die Gegenwart von Schwefelsäure sei zu vermeiden; deshalb habe man auch bei Bereitung der Magnesiamixtur das ursprünglich verwendete schwefelsaure Magnesium später durch Chlormagnesium ersetzt.

Prof. Wagner kann dieser Ansicht nicht beistimmen. Bei der Citratmethode sei die Gegenwart von Schwefelsäure kein Nachteil, weil hier der Niederschlag nicht sofort ausfällt, sondern allmählich, und daher auch keine Schwefelsäure mitreisse. Die Schwefelsäure sei nur bei der Molybdänmethode zu vermeiden.

Dr. Morgen bemerkt, dass durch die Anwendung der Schwefelsäure als Lösungsmittel auch die Thonerde fast vollständig ausgeschieden wird. Versuche von Bühring in Halle haben gezeigt, dass, wenn man Thonerde in konzentrierter Schwefelsäure löst und diese Lösung zum Sieden erhitzt, fast die gesamte Thonerde ausfällt, und auch beim Verdünnen mit Wasser nur ein sehr geringer Teil derselben wieder in Lösung geht. Bei Anwendung der Schwefelsäure ist daher nicht nur der Kalkgehalt, sondern auch der Thonerdegehalt der Lösung, unabhängig von der Beschaffenheit des Rohmaterials in allen Fällen ein nahezu gleicher.

Dr. Stutzer macht darauf aufmerksam, dass bei Gegenwart von vielem Mangan die Citratmethode etwas zu niedrige Zahlen liefere; dieser Fehler lässt sich aber leicht beseitigen durch Verwendung einer etwas grösseren Menge von Magnesia-Mixtur.

Der Vorsitzende konstatiert, dass inbezug auf die Frage, ob Salzsäure oder Schwefelsäure zur Lösung der Thomasschlacke zu verwenden sei, so widersprechende Ansichten sich geltend machten, dass zu einem abschliessenden Resultate in dieser Sitzung nicht gekommen werden könne, und die Anstellung neuer Versuche zur Entscheidung dieser Frage für wünschenswert erklärt wurde.

Dr. Riemann macht auf grosse Differenzen bei Bestimmung des Feinmehlgehaltes im Thomasschlackenmehl aufmerksam, welche trotz Anwendung des vereinbarten Siebes No. 100 von Amandus Kahl-Hambg. vorkommen. Dr. Güssefeld bestätigt dies.

Der Vorsitzende glaubt die verschiedenen Resultate auf die mehr oder weniger grosse Heftigkeit beim Schütteln zurückführen zu müssen.

Prof. Wagner macht darauf aufmerksam, dass die Siebe sich bei längerem Gebrauch verändern, daher öfter durch Vergleich mit einem Normalsiebe kontroliert werden müssen.

Es wird beschlossen die in Bonn getroffene Vereinbarung als massgebend anzunehmen. Dieselbe lautet: 50 g Phosphatmehl werden in ein Sieb, dessen Siebfläche nicht unter 20 cm Durchmesser besitzt und aus dem Drahtgewebe No. 100 von Amandus Kahl-Hamburg (glattes Gewebe) hergestellt ist, gethan und 15 Minuten lang mit der Hand oder in einem geeigneten Schüttelwerk geschüttelt.

### E. Bestimmung von Eisen und Thonerde in Rohphosphaten und Guano.

§ 1. Die sogenannte konventionelle Methode ist unzureichend, das Alkoholverfahren (S. 636 d. Z. f. A.-Ch.) wird als der Prüfung wert empfohlen.

Dr. Scheele hat diese Methode von Glaser-Güssefeld geprüft und empfiehlt dieselbe. Nach der Methode von Stutzer hat er ca. 1 % weniger gefunden.

Dr. Stutzer empfiehlt sein Verfahren, welches darin besteht, dass in dem durch Essigsäure gefällten Niederschlag die Phosphorsäure durch Molybdän ausgefällt und im Filtrat von gelbem Niederschlag Eisen und Thonerde mit Ammoniak gefällt werden.*)

*) Es fällt noch etwas Molybdän mit, der Niederschlag muss deshalb nochmals gelöst und zum zweiten Male mit Ammoniak gefällt werden.

Dr. v. Gruber macht darauf aufmerksam, dass schon die Beobachtungen in der Praxis der Superphosphatfabrikation darauf schliessen lassen, dass die konventionelle Methode zu niedrige Zahlen giebt.

Es werden die Methoden von Glaser und Stutzer als der weiteren Prüfung wert befunden.

## F. Stickstoffbestimmungen.

§ 1. Der Stickstoff in Form von Blut, Fleischmehl und ähnlichen organischen Stoffen wird nach Kjeldahl'schem Verfahren oder mit Natronkalk bestimmt.

§ 2. Ammoniakstickstoff wird nach Kjeldahl bestimmt; sind sicher keine anderen Stickstoffverbindungen vorhanden, so ist auch die bekannte Destillation mit 5 % Natronlauge, Magnesia oder Kalk zulässig.

Beide §§ werden unverändert angenommen.

§ 3. Der Salpeterstickstoff in Gemischen ist zu bestimmen nach Schlösing-Grandeau, Lunge, oder Kjeldahl-Jodlbaur.

Für die Bestimmung des Stickstoffs in Salpeter ist eine direkte Methode anzustreben. Neben der von den Versuchs-Stationen allein als verbindlich angenommenen Methode Kjeldahl-Jodlbaur ist auch die Methode von Schlösing-Grandeau oder die mit Lunge's Nitrometer zulässig.

Dr. Güssefeld ist gegen Anwendung der indirekten Methode.

Dr. Lüddecke ist der Ansicht, dass Differenzen bei der indirekten Methode nur durch mangelhafte Ausführung derselben vorkommen, besonders dadurch, dass die häufig vorhandene Schwefelsäure nicht bestimmt wird.

Dr. Müller ist für Beibehaltung der obigen Fassung des § 3, wonach eine direkte Methode anzustreben ist.

Dr. Stutzer bestimmt den Stickstoff im Salpeter mittelst Aluminium. 10 g Chilisalpeter werden zu 1 Liter gelöst. 50 ccm dieser Lösung werden mit 100 ccm Wasser und 25 ccm Natronlauge von 33° Beaumé ferner mit 3 g Aluminiumdraht versetzt. Man setzt des Abends an, lässt über Nacht stehen und destilliert am andern Morgen das Ammoniak ab.

Es wird beschlossen, den letzten Teil des § 3 fallen zu lassen, sodass derselbe nun folgende Fassung erhält:

„Der Salpeterstickstoff in Gemischen ist zu bestimmen nach Schlösing, Grandeau, Lunge oder Kjeldahl-Jodlbaur.

Für die Bestimmung des Stickstoffs in Salpeter ist eine direkte Methode anzustreben".

Es wird noch darauf aufmerksam gemacht, dass im Peru-guano, sowohl aufgeschlossenem wie rohem, wegen des darin vorkommenden Salpetergehaltes der Stickstoff nach Jodlbaur zu bestimmen ist.

## G. Allgemeine Bestimmungen.

§ 1. Die Wertbestandteile eines Phosphates, Guano, Knochenasche und Salpeter, sollen auf den Wassergehalt der Originalprobe reduziert werden.

Hierzu wird folgender Beschluss gefasst: Bei Substanzen, welche beim Pulvern ihren Wassergehalt ändern, muss sowohl in der feinen, wie in der groben Substanz der Wassergehalt bestimmt und das Resultat der Analyse auf den Wassergehalt der ursprünglichen groben Substanz eingerechnet werden.

§ 2. Für die Anfertigung von sog. Kontrol- oder Schiedsanalysen soll nie ein Restmuster, wovon bereits ein Teil zur Analyse gedient hat, sondern ein neues Reservemuster verwendet werden, und es sind deshalb stets wenigstens 2 Reservemuster hierfür zu ziehen.

Es wird beschlossen, diesen § fortfallen zu lassen, da die Durchführung der in demselben ausgesprochenen Folgerungen lediglich Sache der Düngerfabrikanten sei.

**Prof. Dr. Maercker,**
Vorsitzender.

**Dr. Morgen,**
Protokollführer.

---

**Anlage.**

## Zur Ausführung der Citratmethode für die Bestimmung der Phosphorsäure.

---

1500 g Citronensäure in $H_2O$ gelöst, mit 5000 ccm 24 %-$NH_3$ versetzt und auf 15000 ccm aufgefüllt.

Die Herstellung der Lösungen von Super- und Doppelsuperphosphaten geschieht in der üblichen Weise.

Von den Lösungen der Superphosphate versetzt man 50 ccm = 1 g Substanz mit 50 ccm der Citratlösung, fügt möglichst schnell 25 ccm

vorschriftsmässig bereiteter Magnesiamixtur hinzu und schüttelt $^1/_2$ Std. aus. Die Filtration kann sofort nach dem Ausschütteln oder nach 2—3 Tagen erfolgen. Die unter diesen Umständen erhaltenen Resultate sind dieselben.

Bei Doppelsuperphosphaten, die zuweilen grössere Mengen von Pyrophosphaten enthalten, invertiert man 25 ccm = 0.5 g Substanz nach vorherigem Verdünnen mit 50—75 ccm Wasser mit 10 ccm rauchender Salpetersäure durch 1 std. Erhitzen auf dem Sandbade, übersättigt die restierende, stark saure Lösung mit $NH_5O$, säuert mit einigen Tropfen $NO_3H$ schwach an, fügt nach dem Erkalten 50 cc. Critratlösung und 25 ccm Mg-Mixtur hinzu und verfährt wie mit Superphosphaten.

Lösungen von Knochenkohlesuperphosphaten zeigen zuweilen nach dem Zusatz der Citratlösung ein mehr oder weniger starkes Opalisieren. Die ohne Rücksicht hierauf in der gewöhnlichen Weise ausgeführten Bestimmungen geben richtige Resultate, da die die Trübung veranlassenden Substanzen selbst durch die besten Asbestfilter gehen.

Von unlöslichen Phosphaten werden in gut gekühlten $^1/_2$ l-Flaschen 5 g in feinster Verteilung mit 20 ccm rauchender Salpetersäure und 50 ccm conc. Schwefelsäure $^1/_2$ Std. stark gekocht. Die Lösung wird nach dem Erkalten mit $H_2O$ aufgefüllt, durch dichtes Papier filtriert und zur Analyse verwendet. 50 ccm = 0.5 g Substanz dieser absolut klaren Lösung versetzt man mit 100 ccm Citratlösung, kühlt, fügt 25 ccm Mg-Mixtur hinzu und filtriert nach $^1/_2$ Std. Ausschütteln entweder sofort oder nach beliebiger Zeit.

Von Thomasschlacken befeuchtet man 10 g in einer Porzellanschale mit wenig Wasser, giebt ca. 5 ccm 1 : 1 verdünnter $SO_4H_2$ und nach dem Erhärten der Masse, welches sehr schnell erfolgt, 50 ccm conc. $SO_4H_2$ hinzu. Ein $^1/_2$ std. starkes Erhitzen des Gemisches auf dem Sandbade genügt zur vollständigen Aufschliessung. Zweckmässig rührt man die breiige Masse während des Erhitzens einige Male durch, verdünnt nach noch nicht vollständigem Erkalten mit 50—75 ccm Wasser, spült in einen $^1/_2$ l-Kolben, kühlt, füllt auf und filtriert durch dickes Filtrierpapier.

Stehen die sauren, unfiltrierten Lösungen, sowohl die der unlöslichen Phosphate, wie diejenigen von Thomasschlacken, einige Stunden, so geben sie, weil inzwischen der ausgeschiedene Gyps krystallinisch geworden, selbst bei Verwendung eines weniger guten Filtrierpapiers leicht absolut klare Filtrate.

Zu 50 ccm = 1 g Substanz fügt man 100 ccm Citratlösung, kühlt und schüttelt nach Zusatz von 25 ccm Mg-Mixtur $^1/_2$ Std. aus. Zwecks Bestimmung der Phosphorsäure in Ackererden kocht man 25 g der Substanz in 20 ccm rauchender Salpetersäure und 50 ccm conc. $SO_4H_2$ $^1/_2$ Std., lässt erkalten, füllt auf, filtriert und verwendet 100 ccm der Lösung = 5 g der Substanz zur Analyse. Da bei diesem Verfahren die grössten Mengen des Kalkes und fast die gesamte Thonerde ausgeschieden werden, so genügt es, die 100 ccm Lösung mit $NH_5O$ zu übersättigen, schwach anzusäuern, nach dem Erkalten mit 50 ccm Citratlösung und 25 ccm Mg-Mixtur zu mischen, $^1/_2$ Std. zu schütteln und nach mindestens 24—48 std. Stehen zu filtrieren. Erst innerhalb dieses Zeitraumes wird die Phosphorsäure quantitativ ausgeschieden.

MAERCKER.

# Zur Statistik des landw. Versuchswesens.

## Projektierte Einrichtung einer den pflanzenphysiologischen Versuchs- und Samenkontrol-Stationen entsprechenden Abteilung im Botanischen Museum zu Hamburg.

Wie dringend angezeigt die Errichtung von Samenkontrol-Stationen in den grösseren Deutschen Seestädten, als Ein- und Ausfuhrplätzen landwirtschaftlicher Saatwaren, erscheint, das ist erst neuerdings wieder durch einen Prozess klargestellt worden, in welchem eine Hamburger Samenfirma eine nicht beneidenswerte Rolle gespielt hat.[1]) Bereits im Juni 1887 richtete eine Anzahl Hamburger Firmen den folgenden

**Antrag an die Handelskammer.**

Einer Hochlöblichen Handelskammer erlauben sich die Unterzeichneten die im Nachfolgenden näher begründete Bitte auszusprechen, ihre Bestrebungen geneigtest unterstützen zu wollen, dahingehend, in dem mit dem Botanischen Museum verbundenen Laboratorium für Warenkunde eine, bis jetzt allerdings noch nicht vorgesehene, den sog. Samenkontrol-Stationen aber entsprechende Einrichtung zu erhalten.

Derartige Einrichtungen bestehen und prosperiren an vielen Plätzen des In- und Auslandes (Kiel, Rostock, Tharand, Zürich pp.) und wir sind daher genötigt, unsere Proben behufs der Begutachtung stets nach auswärts zu senden, während das oben bezeichnete Laboratorium für Warenkunde durch sein Ansehen als „Staatsinstitut" für andere Geschäftszweige teils durch Begutachtungen, teils durch direkte Untersuchungen schon jetzt eine wichtige Unterstützung geworden ist.

Im weiteren aber erlauben wir uns, darauf hinzuweisen, dass nicht nur ein oft sich sehr fühlbar machender Zeitverlust durch die Versendung der Proben nach auswärts entsteht, sondern es auch im allgemeinen als für unseren Handel hemmend zu erachten ist, wenn derselbe von kleineren Plätzen abhängig sein muss, obgleich doch unsere Vaterstadt als Hauptexportplatz für Sämereien mit Recht bezeichnet wird.

Da wir einen grossen Wert darauf legen, dass die in Rede stehende Einrichtung in einem Hamburgischen Staatsinstitut getroffen wird, um durchaus objektive Untersuchungsresultate zu erhalten, gegen welche ein Appell nur sehr schwer möglich ist, so sind wir auch eventuell bereit, einen nötigen Garantiefonds zu zeichnen für die Deckung der entstandenen Mehrausgaben, für die wissenschaftlichen Arbeitskräfte, für Apparate u. s. w.

Hamburg, 20. Juni 1887.

Arnthal & Horschitz Gebr., Alb. Aug. Barends & Co., Blumenau & Schurgast, J. Blumenthal jr., Donath & Behr, Dohrn & Möller, Ernst & von Spreckelsen, Eschels Söhne, Cordts & Bryde, Rudolph Fritz, R. Liefmann Söhne Nachfl., Otto Fritz & Co., ppa. E. O. H. Lange Hermann Reimers, H. L. Lührs, Ed. Havenecker Nachfl., Steyer & Roeck, Adolph Wilmans, Otto Wiebalck & Co., H. W. Wiemers, Georg Schlesinger.

Diesem Antrage ist s. Z., von Seiten der Direction des botanischen Museums und botanischen Laboratoriums für Warenkunde zu Hamburg, Herrn Prof. Dr. Sadebeck, ein verständnisvolles und warmes Entgegen-

1) Sächs. landw. Zeitschrift 1890. Nr. 11.

kommen zu Teil geworden. Es mangelte jedoch in den Räumen des Museums durchaus an Platz für ein derartiges Institut. Als nach dem Tode des Herrn Prof. Reichenbach, Direktors des botanischen Gartens zu Hamburg, der Gedanke auftauchte, das botanische Museum mit dem botanischen Garten zu vereinigen, glaubte man auch die Frage der pflanzenphylologischen Versuchs- und Samenkontrol-Station ihre Erfüllung nahe gerückt zu sehen. Bisher ist uns jedoch von der Verwirklichung dieser Einrichtung keine Kenntnis geworden. Hoffentlich gelingt es, die uns nicht näher bekannten Schwierigkeiten, welche der als wünschenswert allgemein anerkannten Einrichtung entgegen zu stehen scheinen, bald zu überwinden; es würde dies dem Samenhandel in Deutschland, namentlich inbezug auf den Import und Vertrieb Amerikanischer Saatwaren, zum grossen Vorteil gereichen.

N.

## Fachliterarische Eingänge.

M. P.-P, Dehérain: Traveaux de la Station agronomique de l'Ecole d Agriculture de Grignon. Paris. (G. Manon) 1889. 8. 40 S.

Report of the Pennsylvania State College for 1888. Part. II. Agric. Exper. Station. Harrisburg 1889. 8. 212 S.

*Mitteilungen* des Kgl. Ungr. Handelsministeriums. 1889. XI. u. XII. Heft. Budapest 1890. 8. XVI u. 90 S.

Purdue University: Bull. of the Agric. Exper. Station of Indiana. No. 19 u. 26. Lafayette 1889. 8.

Frank E. Emery: Report of the Farm superindendent and acting Meteorologist of the New York Agric. Exper. Station Geneva N. Y. 1890. 8. 192 S.

U. S. Department of Agriculture, Office of Experiment Stations (W. O. Atwater, Director). Exper. Bull. No. 4. (List of horticulturists of the Agric. Exper. Stations in the United States, with an outline of the work in Horticulture at the several Stations, prepared by W. B. Alwood. Washington 1889, 8. 27 S.

Agricultural Science. 1889. No. 11 u. 12. Contributions from the Pennsylvania state college agric. exp. Station. 8. 46 S.

University of California. Agricultural exper. Station. Berkeley. Cal. (E. W. Hilgard, Director) Bull. No. 84 u 85. 1890. 8. 10 S.

Dr. Franz Benecke: Mededeelingen van het Proefstation „Midden-Java" te Semarang. „Over suikerriet uit Zaad. Mit 23 Figuren. Semarang 1889. 8. 74 S.

Proefstation „Midden-Java": Jaarverslagen uitgebracht in de derde Jaarlyksche allgemeene Vergaadering gehouden op 30. April 1889. overeeenkomstig art 22 der Statuten. Samarang 1889. 8. 34 S.

Meddelanden från Kongl. Landtbruks-Akademiens Experimentalfält No. 5 u. 6. „Studier öfver våra Sadesarter" und En ny plymhavrevarietet af Jak. Eriksson. Stockholm. 1889. 8. 34 u. 5 S.

E. Rostrúp: Om landbrugets kulturplanter og dertil hørende frøavl. No. 7. Beretning om virksomheden i aarene 1887 – 88. Kopenhagen 1888. 8. 183.

Prof. G. Thoms: Bericht über die Ergebnisse des vergleichenden 3jährigen Düngungsversuchs zu Roggen im 1., Gerste im 2., Hafer im 3. Jahre. 2. Jahr: Gerste. Riga 1889. 8. 25 S. (mit Tabellen).

Dr. E. Holzapfel: Bericht über die vergleichenden Anbau-Versuche mit verschiedenen Zuckerrüben-Varietäten, 1889 ausgeführt von der landw. V. St. Magdeburg. 1890. 8. 14 S.

*Mitteilungen* der Ökonomischen Gesellschaft im Königr. Sachsen 1888 u. 89. Dresden 1889. 8. 122 S.

# Nachweis und quantitative Bestimmung von Milch- und Buttersäure in Weinen, die aus verschlämmten Trauben in verschiedener Weise hergestellt wurden.

Von

E. MACH und K. PORTELE.

---

Im letzten Dezennium hatten wir in Südtirol während der Herbstzeit 4 mal, und zwar in den Jahren 1882, 1885, 1888 und 1889, von Etsch-Überschwemmungen zu leiden. Besonders in den Jahren 1882 und 1888 wurden hierbei an mehreren Orten grosse Strecken in der Ebene gelegener Weinpflanzungen, in denen die Trauben noch nicht geerntet waren, unter Wasser gesetzt.

Nachdem dieses wieder abgeflossen war, zeigten sich die Trauben stets von einer dünnen Schlammkruste überdeckt, welche sich nur sehr schwer und bei schon etwas angefaulten Trauben nicht ohne grosse Verluste durch Waschen in fliessendem Wasser entfernen liess.

Die an den Trauben anhängenden Schlammteile enthielten stets nicht unbeträchtliche Mengen kohlensauren Kalkes, mehr als sonst hiervon in den Flussablagerungen enthalten ist, indem nur die feinsten thonigen und dabei kalkhaltigen Teile an den Beeren und zwischen den Kämmen (Rappen) und Beerenstielchen hängen bleiben, während sich die gröberen sandigen Teile, die sich im überflutenden Wasser schwebend befinden, bald bei ruhigem Stehen desselben zu Boden setzen.

Während nach früher hier durchgeführten Untersuchungen der Schlamm der Talfer bei Bozen 1.7 %, der der Eisack 11.9 % und jener der Etsch 8.2 % kohlensauren Kalk enthielt, zeigte

der von Trauben bei Trient im Jahre 1882 losgeschälte Schlamm nachstehende Zusammensetzung:

| | | |
|---|---|---|
| | In Salzsäure unlöslicher Rückstand (grösstenteils Thon) | 58.5 % |
| | Glühverlust | 4.7 „ |
| | Eisenoxyd und Thonerde | 7.9 „ |
| In Salzsäure löslich | Kohlensaurer Kalk | 17,6 „ |
| | Kohlensaure Magnesia | 8.6 „ |

Werden solche Trauben nach der hier üblichen Methode gemaischt und der Most samt den Trestern vergären gelassen, so findet alsbald eine starke Entsäuerung statt, welche den Eintritt von Milch- und Buttersäuregärung zur Folge hat, so dass der erhaltene Wein oft wie saure Molke riecht und vollkommen ungeniessbar wird. Infolge des geringen Säuregehaltes solcher Weine und der Aufnahme von Eisenoxyd aus dem die Trauben verunreinigenden Schlamme werden solche Weine auch, sobald sie mit Luft in Berührung kommen, nach dem Abziehen schwarz und können höchstens zur Herstellung eines geringen Branntweines verwendet werden.

Im Jahre 1882 empfahlen wir unseren Weinbauern, solche verschlämmten Trauben rasch, am besten ohne sie vorher zu maischen, abzupressen, den schwach mit Schwefel eingebrannten Most etwas absetzen zu lassen und ihn dann auf vergorene Trester gesunder, möglichst saurer Trauben, von denen vorher der Jungwein abgezogen wird, aufzugiessen und auf denselben vergären zu lassen.

Wenn nötig kann man dem Moste auch 200—300 g Weinsäure zusetzen, um eine zu starke Entsäuerung desselben zu verhüten. Auf diese Weise, sowie durch Waschen der Trauben in fliessendem Wasser, das aber umständlich und wie erwähnt von ziemlichen Verlusten begleitet ist, erhält man wohl einigermassen trinkbare Weine, ganz reinschmeckend und wirklich marktfähig werden dieselben aber fast nie.

Nach der Überschwemmung im vorigen Jahre (1888) rieten wir daher den Betroffenen, auf Grund schnell durchgeführter Versuche, einen anderen Vorgang an, der vielfach durchgeführt wurde und sich vollständig bewährte.

Darnach wurden die verschlämmten Trauben in Körbe locker eingefüllt und diese durch mehrere Minuten in einen mit Wasser, dem 2—3 % reine konzentrierte Schwefelsäure zugesetzt war, gefüllten Bottich getaucht. Hierauf zog man die

Körbe heraus, liess sie etwas abtropfen und tauchte sie nun, um die anhängende Schwefelsäure zu entfernen, durch kurze Zeit unter fliessendes Wasser oder hintereinander in zwei mit reinem Wasser gefüllte Bottiche. Nach dem Abtropfen des Wassers wurden die Trauben gemaischt und weiter wie üblich verarbeitet.

Durch die Zersetzung der Kalkteilchen in dem fest an den Beeren haftenden Schlamme durch die Schwefelsäure, durch die hierbei sich entwickelnden Kohlensäurebläschen löste sich der Schlamm leicht und viel vollständiger, als bei blossem Waschen mit Wasser, von den Beeren und Kammteilchen ab, und was von erdigen Teilen noch hängen blieb, wurde dadurch für den Wein unschädlich gemacht, dass sich der kohlensaure Kalk und die kohlensaure Magnesia in schwefelsaure Salze umwandelten und daher keine Entsäuerung des Mostes bewirken konnten.

Die so bereiteten Weine erwiesen sich denn auch in der That fast tadellos im Geschmacke. Es mag dies Verfahren mitunter auch in solchen Fällen zweckmässig sein, wo tief am Boden hangende Trauben bei starken Platzregen mit kalkhaltiger Erde hochgradig beschmutzt werden.

Einige bei Versuchen im Grossen erhaltene Zahlen mögen die Zweckmässigkeit der Methode beleuchten.

1 kg mässig verschlämmter Trauben in eine 2proz. Schwefelsäuremischung getaucht, neutralisierte in 20 Sekunden 2,13 g, in $1\,^1/_2$ Minuten 3,6 g Schwefelsäure ($SO_3$); die auf den Trauben noch zurückgebliebenen Schlammreste enthielten nur mehr Spuren von kohlensaurem Kalk.

Die gereinigten Trauben (geringe Trauben aus der Ebene) gaben einen Most, der 13,9 $^0/_0$ Zucker nach der Klosterneuburger Mostwage und 12,1 $^0/_0$ Gesamtsäure (als Weinsäure berechnet) zeigte.

Nachstehende Zusammenstellung giebt Aufschluss über die Säureabnahme während der Gärung des Mostes, bei dieser und der gewöhnlichen Art der Reinigung der Trauben.

| | g Gesamtsäure im Liter: | | | | | Bemerkung. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | gleich nach der Pressung | 12 | 24 | 36 | 60 | |
| | | Stunden nach der Pressung | | | | |
| Die Trauben bloss mit Wasser gewaschen, gemostet und dann gleich gepresst. | 7.6 | 5.4 | 4.5 | 3.8 | 4.0 | Der Wein zickt. |
| Die Trauben bloss mit Wasser gewaschen, gemostet u. dann gleich gepresst, d. Most nach 24 St. vom Absatz abgezogen. | 7.6 | 5.4 | 5.4 | 5.4 | 5.5 | Der Wein zickt. |
| Die Trauben mit 3 %-Schwefels. gewaschen, dann gemostet u. gepresst. | 11.8 | 11.9 | 11.4 | 11.4 | 11.4 | Der Wein schmeckt rein. |

Ein ähnliches Resultat ergab sich bei einem anderen in etwas grösserem Massstabe mit verschlämmten Trauben der Sorte Weissvernatsch aus dem Nachbarorte Salurn in unserem Keller angestellten Versuch. Die ganz sorgfältig und vollständig gereinigten Trauben gaben einen Most mit 10,5 % Zucker und 12.5 ‰ Säure.

Auf je 90 l Most wurde bei *a.* 2.1, bei *b.* 1.5, bei *c.* und *d.* 2.1 l 95 % Sprit zugesetzt. (S. Tab. S. 309.)

Die Aufstellung dieser Proben geschah am 28. September nachmittags. Am 12. Oktober und 5. November wurden alle Proben überzogen. An den gleichen Tagen wurden Proben zu eingehender Untersuchung entnommen, die aber wegen sich ergebender Schwierigkeiten nicht beendet werden konnte. Einige der nachfolgenden Zahlen wurden daher erst bei einer späteren Untersuchung am 5. Mai gewonnen.

Die Untersuchung sollte namentlich Aufschluss darüber geben, wie viel Milch- und Buttersäure sich in den stark entsäuerten Proben bei der Gärung gebildet hat, nachdem sich bei mikroskopischer Prüfung gezeigt hatte, dass zahlreiche Bakterien der Milch- und Buttersäuregärung in dem Absatze der Weine vorhanden waren.

| | g Gesamtsäure im Liter als Weinsäure berechnet: | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 18 | 24 | 36 | 84 |
| | Stunden nach dem Maischen | | | |
| *a)* Die Trauben in 3 %-Schwetelsäure-Mischung gewaschen, dann gemaischt, gepresst und der Most vergären gelassen. | 11.8 | 11.3 | 11.4 | 11.3 |
| *b)* Die Trauben ungewaschen gemaischt und der Most mit d. Trestern vergären gelassen. | 6.6 | 6.5 | 6.6 | 6.7 |
| *c)* Die Trauben ungewaschen gemaischt, der Most in ein mit Schwefel eingebranntes Fass abgezogen, nach 24 Std. noch stumm vom Absatz weg in ein anderes Fass überzogen. | 9.8 | 9.1 | 9.1 | 9.0 |
| *d)* Wie *c* behandelt, doch nach dem Überziehen zu 50 l 57 ccm $SO_3$ von 1.814 spez. Gewicht und 1 l Alkohol zugesetzt. Gleich 1.83 g Schwefelsäurehydrat pro Liter. | — | — | — | — |

Es mögen zunächst die Resultate dieser sehr umständlichen Untersuchung angeführt werden, worauf wir erst die Methoden darlegen wollen, nach welchen dieselben gefunden wurden. (Siehe Tabelle Seite 310.)

Hiezu ist zu bemerken, dass die Analysen vom 5. November und 21. Februar durch Herrn Assistent Zabransky, jene vom 11. Dezember 1888 und 17. August 1889 durch den Adjunkt K. Portele ausgeführt wurden.

Die folgende Zusammenstellung giebt die Zusammensetzung der Asche sowie den Gehalt des Weines an den einzelnen Aschenbestandteilen an. (Siehe Tabelle Seite 311.)

| | Datum der Untersuchung | Alkohol in Vol.-Prozenten | Gramm im Liter: Gesamt-Säure | flüchtige Säure als Essigsäure berechnet | Weinstein | freie Weinsäure | Extrakt | Glycerin | Asche | Kostresultat am 29. Juli 1889 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a)* Probe, bei welcher die Trauben mit verdünnter Schwefels. gewaschen wurden. | 5. Novbr. 1888<br>11. Dezbr. „<br>21. Febr. 1889.<br>17. August „ | 7.44<br>—<br>7.02<br>6.86 | 7.0<br>—<br>6.7<br>6.65 | 0.64<br>—<br>0.87<br>1.04 | 1 90<br>2.04<br>—<br>1.86 | —<br>—<br>—<br>— | 16.65<br>—<br>—<br>16.40 | 3.78<br>3.82<br>—<br>— | 2.48<br>2.53<br>—<br>— | Farbe schön, grünl.-gelb, noch etwas staubig, Geschmack und Geruch ganz rein. |
| *b)* Trauben, ohne sie zu waschen, gemaischt, und der Most mit den Trestern vergären gelassen. | 5. Novbr. 1888<br>11. Dezbr. „<br>17. August 1889 | 6.43<br>—<br>6.28 | 3.7<br>—<br>3.5 | 0.62<br>—<br>1.03 | 0.45<br>0.22<br>— | —<br>—<br>— | 25.6<br>—<br>22.4 | 4.48<br>—<br>— | 5.61<br>—<br>5.37 | Farbe dunkel, schwärzl.-braun, untrinkbar. |
| *c)* Trauben, ohne sie zu waschen, gemaischt, gepresst, der Most in ein eingebranntes Fass abgezogen, dort absetzen gelassen, dann abgezogen. | 5. Novbr. 1888<br>11. Dezbr. „<br>17. August 1889 | 7.86<br>—<br>7.16 | 5.1<br>—<br>4.8 | 0.62<br>—<br>1.53 | 0.45<br>0.32<br>0.12 | —<br>—<br>— | 17.95<br>—<br>16.80 | 4.45<br>—<br>— | 3.85<br>3.62<br>— | Farbe weniger schön als bei *a*. Geschmack nicht rein, doch noch trinkbar. |
| *d)* **Trauben, ohne sie zu waschen, gemaischt, gepresst, der Most in ein eingebranntes Fass abgezogen, dort absetzen gelassen, dann abgezogen, nach dem Überziehen mit 1.83 g Schwefelsäure pro Liter versetzt.** | 5. Novbr. 1888 | 7.46 | 7.8 | 0.89 | 0.50 | — | 24.95 | 4.65 | 4.51 | **Farbe weniger schön als bei *a*, aber unangenehm sauer.** |

| Bezeichnung der Proben | Datum der Analyse | g im Liter: | | | | | | | | | Prozente der Asche: | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Gesant-Ascle | Kali | Kalk | Magnesia | Eisenoxyd | Thonerce | Kieselsäure | Phospher-säure | Schwefel-säure | Kali | Kalk | Magnesia | Eisenoxyd | Thonerde | Kieselsäure | Phosphor-säure | Schwefel-säure |
| *a)* | 5. Novbr. 1888 | 2.48 | 1.045 | — | — | — | — | — | 0.105 | — | 42.14 | — | — | — | — | — | 4.23 | — |
| | 11. Dezbr. „ | 2.536 | — | 0.187 | 0.229 | 0.046 | 0.0012 | 0.0252 | — | 0.473 | — | 7.37 | 9.02 | 1.81 | 0.042 | 0.99 | — | 18.65 |
| *b)* | 5. Novbr. 1888 | 5.61 | 2.67 | — | — | — | — | — | 0.1056 | — | 47.68 | — | — | — | — | — | 1.89 | — |
| | 11. Dezbr. „ | 5.38 | — | 0.160 | 0.736 | 0.103 | 0.0079 | 0.058 | — | 0.170 | — | 2.97 | 13.50 | 1.91 | 0.147 | 1.08 | — | 3.16 |
| *c)* | 5. Novbr. 1888 | 3.85 | 1.39 | — | — | — | — | — | 0.109 | — | 36.0 | — | — | — | — | — | 2.82 | — |
| | 11. Dezbr. „ | 3.63 | — | 0.120 | 0.552 | 0.091 | 0.0070 | 0.034 | — | 0.346 | — | 3.30 | 15.21 | 2.51 | 0.19 | 0.95 | — | 9.53 |
| *d)* | 5. Novbr. 1888 | 4.51 | 1.188 | — | — | — | — | — | 0.070 | — | 26.34 | — | — | — | — | — | 1.55 | — |
| | 11. Dezbr. „ | — | — | — | — | — | — | — | — | 1.601 | — | — | — | — | — | — | — | (35.49) |

Die Aschenanalysen vom 5. November wurden wieder durch Herrn Assistent H. ZABRANSKY, jene vom 11. Dezember von K. PORTELE ausgeführt.

Wir ersehen aus denselben, dass Probe *b.* bei welcher die Gärung am unregelmässigsten verlief und die Zersetzungen durch Spaltpilze, besonders auch des Weinsteins, die stärksten waren, am meisten Kali enthielt. Ihr zunächst kommt Probe *c.* Dementsprechend enthielt auch Probe *b.* (nach ihr *c.* und *d.*) am wenigsten Weinstein, ja bei der Untersuchung am 17. August 1889 war infolge weiter fortschreitender Zersetzung in Probe *b.* gar kein Weinstein mehr enthalten.

Der Gesamtaschengehalt war in Probe *b.* infolge direkter Aufnahme von Aschenbestandteilen aus dem Schlamme, besonders aber infolge Zersetzung des Weinsteins, am höchsten. Der verhältnismässig grosse Aschengehalt der Probe *d.* rührt von dem Schwefelsäurezusatze her.

Bei Probe *a.* ist der Weinsteingehalt ziemlich normal und nahm bei weiterem Lagern des Weines nahezu nicht mehr ab.

Im Kalkgehalt zeigen die verschieden behandelten Proben keine grossen Unterschiede. Grösser ist bei den nicht mit Schwefelsäure gewaschenen Proben die Zunahme an Magnesia Der Eisengehalt der letzteren ist grösser, als jener der Probe *a.*, doch nicht um so vieles, um allein das Schwarzwerden derselben bei Berührung mit der Luft zu erklären, das daher hauptsächlich auf die Verringerung der Gesamtsäuremenge zurückzuführen ist.

Der Gehalt an Schwefelsäure der Probe *a.* ist nicht um Vieles grösser, als jener der Proben *b.* und *c.*, ein Zeichen, dass vor der Waschung mit verdünnter Schwefelsäure nur wenig von letzterer Säure nach der Reinigung mit Wasser an den Trauben haften blieb, in dieser Richtung der Durchführung der Methode kein Hindernis entgegensteht.

Zu bemerken wäre noch, dass alle Proben in der letzten Zeit in den kleinen Fässern, in denen sie lagerten, etwas kuhnig wurden, was die zuletzt eingetretene Verringerung des Alkoholgehaltes, welcher durch Destillation des Weines unter Neutralisation der flüchtigen Säuren bestimmt wurde, mit veranlasste.

Die starke Verringerung der Säure in Probe *a.*, die zur Zeit der stürmischen Gärung 11.3 $^0/_{00}$ betrug, bis zum 5. November aber auf 7 $^0/_0$ zurückging, kann wohl nicht allein auf ein

Herausfallen von Weinstein zurückgeführt werden. Wir unterlassen es, hier näher darauf einzugehen, verweisen aber auf die Ausführungen von Dr. Kulisch in Geisenheim (Weinbau vom 19. und 26. Oktober 1889) welche vielleicht dies häufig beobachtete, aber noch nicht ursächlich bestimmt erkannte Zurückgehen der Säure in Weinen erklären mögen.

Wir wollen nun noch die nach den später zu besprechenden Verfahrungsarten in den einzelnen Proben gefundenen Mengen an Essigsäure, Buttersäure und Milchsäure vorführen. Die Bestimmung derselben geschah ausschliesslich durch den Adjunkten K. Portele bei Probe *b.* im Mai, bei *a.* und *c.* im August 1889.

| | Weinprobe | | |
|---|---|---|---|
| | a | b | c |
| | Gramm im Liter | | |
| **Wirklicher Gehalt an:** | | | |
| Essigsäure | 1.04 | 0.902 | 1.43 |
| Buttersäure | 0 | 0.153 | 0.044 |
| Milchsäure | 0 | 2.265 | 0.87 |
| Weinstein | 1.86 | 0 | 0.12 |
| **Gehalt an den verschiedenen Säuren auf Weinsäure berechnet:** | | | |
| Gesamtsäuregehalt | 6.65 | 3.50 | 4.80 |
| Freie Weinsäure | 0 | 0 | 0 |
| Weinstein | 0.744 | 0 | 0.05 |
| Essigsäure | 1.300 | 1.127 | 1.787 |
| Buttersäure | 0 | 0.130 | 0.037 |
| Milchsäure | 0 | 1.887 | 0.724 |
| Rest auf Apfelsäure, Bernsteinsäure, Gerbsäure etc. fallend | 4.606 | 0.356 | 2.202 |

Es sei hiezu bemerkt, dass sich die flüchtigen Säuren durchaus im freien Zustand in den Weinen befanden, und dass man durch Zusatz von Schwefelsäure bei der Destillation dasselbe Resultat erhielt, wie ohne denselben.

Wir sehen hieraus als Resultat für die uns zunächst beschäftigende Frage, dass der Wein, welcher aus mit verdünnter

Schwefelsäure gewaschenen Trauben bereitet wurde, eine reine Gärung durchgemacht hat und vollkommen frei ist von Milchsäure und Buttersäure.

Bei Probe *b.* dagegen ist der Hauptbestandteil der überhaupt geringen Säuremenge dieses Weines die Milchsäure, während von normalen Säuren des Weines namentlich der Äpfelsäure nur Spuren vorhanden sind.

Probe *c.* steht diesbezüglich auch wieder zwischen *a.* und *b.*

Wie weit die erhaltenen Zahlen für Milchsäure und Buttersäure als für viele Zwecke genügend genau angesehen werden können, wird sich aus der nachstehenden Darstellung der nach vielfachen Versuchen endlich in Anwendung gebrachten Bestimmungsmethoden ergeben. Die bezüglichen Versuche wurden sämtlich durch K. Portele ausgeführt.

---

## I. Nachweis und quantitative Bestimmung der Buttersäure neben Essigsäure.

Die Trennung beider Säuren beruht auf der verschiedenen Löslichkeit ihrer Barytsalze in absolutem Alkohol. Wir haben diese Methode bereits früher bei Untersuchung der flüchtigen Säuren im Sauermais (Ensilagefutter) angewendet[1]) Bei den Untersuchungen der Weine wurde in folgender Weise vorgegangen:

Von 500 cc des zu untersuchenden Weines wurden, wie dies gewöhnlich zur Bestimmung der flüchtigen Säuren im Wein geschieht, $^3/_4$ des Volumens abdestilliert, der Rückstand wurde mit destill. Wasser wieder auf das ursprüngliche Volum gebracht, worauf von der Mischung neuerdings $^3/_4$ ihres Volumens abdestilliert wurden. Dies wurde noch viermal wiederholt. Die erhaltenen Destillate wurden zur Bestimmung ihres Gesamtsäuregehaltes mit auf Weinsäure gestellter Natronlauge titriert.

Die auf diese Weise neutralisierten Destillate wurden im Wasserbad eingeengt und dann mit verdünnter Schwefelsäure versetzt im Wasserdampfstrome (nach Landtmann) der Destillation unterworfen.

---

[1]) Tiroler landw. Blätter 1889, No. 14.

Das die ganze Essigsäure und Buttersäure enthaltende Destillat wurde mit Barytwasser neutralisiert, um die Barytsalze beider Säuren zu erhalten.

Es ist natürlich, dass man sich den bis hier eingeschlagenen Weg vereinfachen kann, wenn man die ersten direkt aus dem Wein erhaltenen Destillate, statt mit Natronlösung, mit Barytlösung titriert.

Die essigsauren und buttersauren Baryt enthaltende Flüssigkeit wird nun so weit eingedampft, dass sie in der Kälte erstarrt, worauf man die 10fache Menge absoluten Alkohols hinzusetzt. Der buttersaure Baryt löst sich in demselben auf, während der essigsaure Baryt nahezu vollständig ungelöst zurückbleibt. Durch Filtrieren und Auswaschen mit absolutem Alkohol trennt man beide Salze.

Nach Vertreibung des Alkohols destilliert man nun die wässrigen Lösungen der beiden Salze nach Zusatz je einer entsprechenden Menge verdünnter Schwefelsäure und titriert die erhaltenen Destillate wieder mit Natronflüssigkeit. Aus den erhaltenen Zahlen wird die Menge der Buttersäure und der Essigsäure berechnet.

Um sich von der vollständigen Trennung beider Säuren zu überzeugen, dampft man die titrierten Flüssigkeiten ein und erzeugt durch Erhitzen der erhaltenen Natronsalze mit Alkohol und konzentrierter Schwefelsäure die Ester der Essigsäure und Buttersäure.

An dem entstehenden Geruche erkennt man leicht eine etwa vorhandene gegenseitige Verunreinigung besonders wenn man sich zur Kontrole die Ester mit Hilfe der reinen Säuren herstellt.

Namentlich kann es vorkommen, dass die Buttersäure nicht ganz rein ist und etwas Essigsäure enthält, da der essigsaure Baryt in absolutem Alkohol doch in Spuren in Lösung übergehen kann. Durch Eindampfen des buttersauren Barytes und nochmaliges Behandeln mit absolutem Alkohol kann man diese Fehlerquelle auf ein Geringfügiges zurückführen.

---

## 2. Nachweis und quantitative Bestimmung der Milchsäure.

Zunächst wurde es versucht, die Milchsäure nach der Methode von R. Palm [1]) als basisches Bleilaktat $3\,P_2\,b\,O\,2\,(C_3\,H_6\,O_3)$ zu bestimmen.

Nach Palm soll das Untersuchungsobjekt (tierphysiolog. Präparate) mit Äther ausgezogen werden, der ätherische Auszug auf dem Wasserbade bis zum Öle verdunstet, der Abdampfrückstand in Wasser gelöst, filtriert und die wässerige Lösung mit Bleiessig vermischt werden.

Von dem etwa entstehenden Niederschlag wird filtriert, das Filtrat mit Bleiessig und alkoholischem Ammon so lange versetzt, als noch eine Fällung wahrnehmbar ist, wobei bei Anwesenheit der Milchsäure ganz konstant das Bleilaktat nach der oben angegebenen Formel herausfällt.

Durch Wägen des getrockneten Bleilaktates oder des beim Glühen erhaltenen Bleioxydes erfährt man dann nach Palm die Menge der gefällten Milchsäure. Man kann auch die Milchsäure rein herstellen, wenn man den Bleiniederschlag mit Schwefelwasserstoff zersetzt, und aus der Mischung mit Schwefelblei die Milchsäure mit Äther auszieht.

Aber schon die zur Prüfung der Methode mit reiner Milchsäure ausgeführten Kontrolversuche führten uns zu keinem brauchbaren Resultate. Es wurden sowohl mit Bleizucker, als mit basisch essigsaurem Bleioxyd in wässriger und alkoholischer Lösung, sowie dadurch erzeugt, dass eine alkoholische Bleizuckerlösung mit Bleioxyd in einem mit Rückflusskühler versehenen Kolben lange Zeit digeriert wurde, Versuche angestellt, es wurde die Ammoniaklösung durch Vermischen von wässriger Lösung mit Alkohol, sowie durch Einleiten von Ammoniakgas in Alkohol dargestellt, ohne damit zu sicheren Resultaten zu kommen. Selbst bei Zusatz eines sehr grossen Überschusses entstanden beim Stehen und in den Filtraten immer wieder Trübungen, und war es unmöglich zu bestimmen, ob die Fällung eine vollständige gewesen. Bei Zusatz von alkoholischem Ammon zu Bleiessig konnte nie eine klare Lösung erhalten werden, und im Filtrat der Mischung entstanden stets wieder Niederschläge, wenn Alkohol hinzukam.

---

[1]) Fresenius, Zeitschrift für analyt. Chemie XXII, Seite 223 und XXVI, Seite 33.

Nachstehend seien einige Resultate angeführt, die bei Verwendung reiner titrierter Milchsäurelösungen erhalten wurden.

| Probe | Genommene Menge Milchsäure in g | Art der Bestimmung | Menge des gefundenen Bleilaktates g | Entspricht Milchsäure g | Menge des gefundenen Bleioxydes g | Der Niederschlag enthielt Bleioxyd pCt. | Dies entspricht Milchsäure g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a.* | 2.449 | Mit alkoholischer Bleizuckerlösung u. alkoholischem Ammon gefällt und gleich filtriert | 0.5314 | 0.113 | 0.4118 | 77.48 | **0.1107** |
| *b.* | „ | do. 2 Stunden stehen gelassen | 0.5986 | 0.127 | 0.4582 | 76.60 | **0.1282** |
| *c.* | „ | do. 12 Stunden stehen gelassen | 1.0457 | 0.222 | 0.804 | 76.90 | 0.2163 |
| *d* | 0.347 | Mit alkohol. Bleizuckerlösung u. alkohol. Ammon in sehr grossem Überschuss gefällt u. 2 Stunden stehen gelassen | 1.020 | 0.215 | 0.777 | 76.10 | **0.2090** |
| *e.* | „ | Mit alkohol. Bleiessiglösung und alkohol. Ammon in sehr grossem Überschuss gefällt und 2 Stunden stehen gelassen | 1.150 | 0.245 | 0.876 | 76.10 | **0.2356** |
| *f.* | „ | Mit alkohol. Bleizuckerlösung u. alkohol. Ammon in sehr grossem Überschuss versetzt u. 18 Stunden stehen gelassen | 1.894 | 0.401 | 1.420 | 74.90 | 0.3820 |

In lezterem Falle ist das Resultat zu hoch, in den anderen allen zu niedrig. Es sei hiebei bemerkt, dass das basisch milchsaure Bleioxyd nach der angegebenen Formel 78.8 % Bleioxyd enthalten soll.

Ein weiterer Versuch der Bestimmung der Milchsäure wurde in folgender Weise durchgeführt: Wässrige Milchsäurelösung von bestimmtem Gehalt wurde mit basischer Bleiessiglösung gemischt, und zu der klar gebliebenen Flüssigkeit eine alkoholische Ammoniaklösung im Überschuss zugesetzt, (5—6 Mal das Volumen obiger Mischung) welche durch Vermischen gleicher Teile 95 prozentigen Alkohol und wässriger Ammoniaklösung vom spez. Gewicht 0.910 erhalten wurde. Es wurde stets so viel zugesetzt, dass bei weiterem Zusatze keine Fällung mehr erfolgte.

Hierauf wurde filtriert und mit Alkohol ausgewaschen. Die Resultate waren folgende:

| No. | Beiläufige Concentration der Milchsäurelösung. | Zu den Versuchen wurden genommen Gramm Milchsäure. | Bei der Bestimmung wurden erhalten Gramm basisches Bleilaktat. | Dies entspricht unter der Annahme dass das gewogene Bleilaktat 21.2 pCt. Milchsäure enthält: Gramm Milchsäure. | Darnach wurden durch die Bestimmung von der genommenen Menge Milchsäure gefunden: pCt. |
|---|---|---|---|---|---|
| a) | 0.7 pCt. | 0.1754 | 0.2570 | 0.0544 | 31.0 |
| b) | | | 0.2547 | 0.0538 | 30.6 |
| c) | 5 pCt. | 0.4746 | 1.1939 | 0.2531 | 53.3 |
| d) | | | 1.2406 | 0.2630 | 55.4 |
| e) | 10 pCt. | 0.4993 | 1.3437 | 0.2848 | 57.0 |

In den klaren Filtraten schied sich alsbald nach einigem Stehen wieder ein starker Niederschlag ab. Bei Versuch *b.* enthielt derselbe noch Bleilaktat (0.067 g Milchsäure entsprechend). Bei Versuch *d.* bestand er fast ausschliesslich aus Bleilactat (enthielt bloss 0.005 g Milchsäure). Aus den Niederschlägen konnte in allen Fällen Milchsäure in reinem Zustande abgeschieden werden. Zum qualitativen Milchsäurenachweis diente diese Methode daher ganz gut, sie erwies sich aber dennoch nicht brauchbar für die quantitative Bestimmung der Milchsäure.

Es mag sein, dass wir in der Durchführung der PALM'schen Methode einen Fehler begingen, da sie uns aber nicht zum Ziele führte, verliessen wir dieselbe und kamen schliesslich zur Annahme nachstehender Methode:

$^1/_2$ l milchsäurehaltiger Wein wurde mit Natronlauge gerade neutralisiert und dann unter Zusatz von Bimssteinpulver auf dem Wasserbade in einer tiefen Porzellanschale unter häufigem Umrühren zur Trockene eingedampft. Der sandige Rückstand wurde in einem Mörser verrieben und hierauf in eine Schüttelflasche gebracht, wie sie SOXHLET zum Ausschütteln des Fettes aus der Milch mit Äther verwendet.

Die Masse wurde darin zunächst mit 10-fach verdünnter Schwefelsäure durchfeuchtet und dann dreimal mit je 200 cc Äther ausgeschüttelt. Der abgezogene Ätherauszug wurde in einem ERLENMEYER'schen Kolben vereinigt und darin auf dem Wasserbade vorsichtig abgedunstet. Der Rückstand wurde mit etwas Wasser in eine tiefe Porzellanschale gespült, das gleiche Volum Alkohol zugesetzt und unter gelindem Erwärmen auf dem Wasserbade mit frisch gefälltem Bleikarbonat durch längere Zeit, bis kein Aufbrausen mehr stattfand und ein geringer Bleikarbonatüberschuss vorhanden war, digeriert, dann unter öfterem Umrühren auskühlen gelassen und nach 3—4 Stunden filtriert und mit 95 prozentigem Alkohol nachgewaschen. Das in einem ERLENMAYER'schen Kolben gesammelte Filtrat, welches essigsaures, buttersaures, milchsaures und etwas apfelsaures Bleioxyd neben Glycerin etc. enthielt, — (während weinsaures, schwefelsaures und bernsteinsaures, die Hauptmasse des apfelsauren Bleioxydes im Rückstande blieben) —, wurde durch Einleiten von Schwefelwasserstoff zersetzt und vom abgeschiedenen Schwefelblei filtriert. Aus dem Filtrat wurde durch Erhitzen im Destillierkolben am Wasserbad der Schwefelwasserstoff entfernt.

Hierauf wurde von demselben $^3/_4$ des Volumens abdestilliert, der Rückstand wieder auf das ursprüngliche Volumen gebracht und neuerdings $^3/_4$ desselben abdestilliert. Dies wurde so oft wiederholt, bis zur Neutralisation des Destillates nicht mehr als $^1/_2$ ccm einer $^1/_4$-Normal-Natronlösung verbraucht wurde; dies wurde in der Regel durch dreimalige Destillation erreicht. Hierdurch wurde die Essigsäure vollständig entfernt.

Im Destillationsrückstand, welcher die Milchsäure neben Glycerin und anderen durch essigsaures Bleioxyd nicht fällbaren, in Äther löslichen Substanzen enthalten sollte, wurde die Milchsäure durch Titrieren mit der oben bezeichneten Natronlösung bestimmt.

Die Bestimmungen fielen aber noch zu hoch aus, weil die vom Äther auch aufgenommene Äpfelsäure, deren Bleisalz im Wasser und Alkohol nicht ganz unlöslich ist, durch die Behandlung mit Bleikarbonat nicht vollkommen ausgefällt wurde.

Nachdem aber das äpfelsaure Natron im Gegensatz zum milchsauren Natron in absolutem Alkohol nahezu unlöslich ist, wurde nun der mit Natronlösung titrierte und dadurch neutralisierte Destillationsrückstand zum Trocknen eingedampft und hierauf mit absolutem Alkohol behandelt, worauf das milchsaure Natron in Lösung überging, während das äpfelsaure Natron ungelöst zurückblieb. Die alkoholische Lösung des ersteren wurde dann auf dem Wasserbade eingedampft, mit verdünnter Schwefelsäure befeuchtet, mit Äther 3mal ausgezogen, der Äther verdunsten gelassen, der Rückstand mit Bleikarbonat digeriert, filtriert, das Filtrat mit Schwefelwasserstoff zersetzt, vom Schwefelblei abfiltriert, der Schwefelwasserstoff im Filtrat verjagt und dieses dann in 2 Teile geteilt, in deren einem die Milchsäure durch Titrieren bestimmt wurde, während der andere zur Prüfung der Reinheit derselben durch Bildung von Zinklaktat diente.

Die so erhaltenen Resultate waren mit Rücksicht auf die Umständlichkeit der Methode ganz zufriedenstellend.

Bei einigen Proben wurde auch in einfacherer Weise so vorgegangen, dass der mit Natronlauge neutralisierte und mit Bimssteinpulver eingedampfte Wein vor allem mit absolutem Alkohol zur Entfernung der Hauptmasse der Äpfelsäure ausgelaugt wurde, worauf weiter, wie oben angegegeben, verfahren wurde, dabei fiel die doppelte Fällung mit Bleikarbonat etc. weg. Die Resultate stimmten auch ziemlich gut überein.

Die zur Prüfung der Reinheit der abgeschiedenen Milchsäure notwendige Herstellung von Zinklaktat geschah in der Weise, dass die freie Milchsäure enthaltende Lösung mit Zinkkarbonat gekocht wurde. Hierauf wurde filtriert, und ein Tropfen des Filtrates zur mikroskopischen Prüfung auf einem Objektglas abdunsten gelassen.

Will man das nach dem Titrieren gebildete Natronlaktat prüfen, so kann man aus demselben durch Vermischen mit Chlorzink und dem zehnfachen Volumen Alkohol Krystalle von Zinklaktat erhalten. Die erstere Methode gab aber schönere Krystalle von Zinklaktat.

---

Zur Begründung dieser Methode sei folgendes angeführt: Zunächst sei bemerkt, dass ein direktes Ausschütteln der Milchsäure aus dem Weine nicht möglich ist, will man nicht übergrosse Mengen Äthers verbrauchen. So haben 100 ccm Äther aus 20 ccm einer wässrigen Milchsäurelösung nur die Hälfte der Milchsäure ausgezogen.

Der Wein muss daher vorher konzentriert werden. Dazu ist es aber nötig, ihn zu neutralisieren, da sich die Milchsäure beim Eindampfen selbst im Wasserbad zersetzt.

50 ccm einer wässrigen Milchsäurelösung bedurften zur Neutralisation 11.8 ccm einer $^1/_4$ Normalnatronlösung.

50 ccm derselben Lösung im Wasserbade auf die Hälfte eingeengt brauchten ebenfalls 11.8 ccm beim Eindampfen, bis nahe zur Syrupkonzistenz aber nur mehr 11.3 ccm, bei weiterem $1^1/_2$ stündigen Erwärmen blos 5.9 ccm und nach weiteren $1^1/_2$ Std. Erwärmung am Wasserbade nur mehr 3.4 ccm der Natronlösung.

Bei Abdestillierung von $^3/_4$—$^4/_5$ des Volumens einer verdünnten Milchsäurelösung zeigten sich aber nur verschwindend geringe Verluste.

25 ccm wässrigen Milchsäurelösung bedurften z. B. zur Neutralisation 14.95 ccm $^1/_4$-Normalnatronlauge. Nach Abdestillierung der Hälfte des Volumens benötigte das Destillat 0.1 ccm, nach Abdestillierung von $^4/_5$ des Volumens **0.2 ccm** $^1/_4$-Normalnatronlösung zur Neutralisation, während zur Neutralisation des Destillationsrückstandes statt 14.95 noch 14.7 ccm nötig waren.

Die Trennung der Milchsäure von Essig- und Buttersäure kann daher durch Destillation gut erfolgen.

So wurden 25 ccm wässriger Milchsäure, die zur Neutralisation 28 ccm $^1/_4$-Normalnatronlösung bedurften mit 25 ccm verdünnter Essigsäure die hiezu 21.8 ccm Normal-Natron benötigten, gemischt, hierauf letzterer durch 4malige Destillation getrennt, wobei stets $^3/_4$ des Volumens abdestilliert und dieses durch Zusatz von Wasser wieder hergestellt wurde.

| Es benötigten zur Neutralisation das 1. Destillat | 11.1 ccm |
|---|---|
| „ „ „ „ „ 2. „ | 7.4 „ |
| „ „ „ „ „ 3. „ | 2.0 „ |
| „ „ „ „ „ 4. „ | 1.1 „ |
| alle zusammen daher . . . . . . . . . . . . . | 21.6 ccm |

statt 21.8 ccm $^1/_4$-Normalnatronlösung, während zur Neutralisation des Rückstandes **28.4** statt 28.0 ccm verbraucht wurden.

Auch ein Überschuss von Schwefelsäure bei der Destillation schadet nicht. Bei der Destillation von 25 ccm wässriger Milchsäure von obiger Konzentration unter Zusatz von 10 ccm $^1/_2$-Normal-Schwefelsäure wurden zur Neutralisation des Rückstandes der auf **5 ccm**, also auf ein Siebentel eingeengt war, statt 48.2 bis 47.4 ccm $^1/_4$-Normal-Natron verbraucht.

Die Ausschüttelung der Milchsäure aus dem mit Bimssteinpulver eingedampften Rückstand war ebenfalls ganz zufriedenstellend.

10 ccm wässriger Milchsäure, welche **45.2 ccm** $^1/_4$-Normalnatronlösung zur Neutralisation bedurften, wurden mit so viel Bimssteinpulver versetzt, dass ein steifer Brei entstand, und nun 3mal mit je 200 ccm Äther ausgeschüttelt. Der Äther wurde abdunsten gelassen und der Rückstand titriert.

Die erste Ausschüttelung benötigte hiezu 40.2 ccm, die zweite 4.3 und die dritte 0.4 ccm $^1/_4$-Normallösung, alle zusammen daher 44.9 statt 45.2 ccm.

Auch die Trennung mit Bleikarbonat bringt keine Verluste. 50 ccm einer wässrigen Milchsäurelösung wurden mit 50 ccm 95prozentiger Alkohol versetzt, mit Bleikarbonat digeriert, vom Rückstand abfiltriert, das Filtrat mit Schwefelwasserstoff zersetzt, filtriert, der Schwefelwasserstoff verjagt und dann titriert. Statt 29.9 ccm wurden hierzu 30.2 ccm von $^1/_4$-Normalnatronlösung gebraucht.

Es erübrigt uns noch einige Kontrolbestimmungen bei Wein selbst vorzuführen.

*a.* Zu 500 ccm eines 1888er Weissweines wurden 50 ccm wässriger Milchsäure zugesetzt, welche Menge **56.0 ccm** $^1/_4$-Normalnatronlösung zur Neutralisation benötigte. Es entsprach dies einem Milchsäurezusatz von 1.254 g oder 2.509 $^0/_{00}$. Bei Einhaltung der oben ausführlich dargelegten Methode wurden schliesslich zum Titrieren der abgeschiedenen Milchsäure benötigt, das einemal 47.0 ccm Natronlösung entsprechend **1.053 g**

Milchsäure, das andere mal **50.2 ccm** Natronlösung, entsprechend **1.164 g** Milchsäure.

*b.* Zu einer weiteren Versuchsreihe wurden zu 500 cc 1888er Weisswein 50 ccm Milchsäurelösung zugesetzt, die **41.4 ccm** $^1/_4$-Normalnatron zur Neutralisation bedurften. Es entsprach dies einem Milchsäurezusatz von **0.9312 g** oder **1.8624** $^0/_{00}$. Zwei Bestimmungen wurden in der zuerst beschriebenen Weise ausgeführt.

Sie ergaben einen Verbrauch von $^1/_4$-Normalnatronlösung von 42 und von 38.7 ccm, entsprechend einem gefundenen Milchsäuregehalt von **1.889** und **1.740** $^0/_{00}$.

Zwei weitere Bestimmungen wurden nach der einfacheren Methode (vorherige Entfernung der Äpfelsäure durch Ausziehen des Abdampfrückstandes mit absolutem Alkohol) durchgeführt. Sie ergaben Milchsäuregehalte von **1.708** und **1.726** $^0/_{00}$.

Wie bei der Umständlichkeit der Methode zu erwarten, fielen die Resultate etwas zu niedrig aus, doch für praktische Zwecke immerhin von brauchbarer Genauigkeit. Es wird natürlich stets gut sein, 2 Bestimmungen auszuführen und aus beiden das Mittel zu nehmen.

Bei Probe *b.* des Salurner Weissweines, der aus verschlämmten Trauben hergestellt wurde, und dessen ausführliche Analyse wir oben mitteilten, wurden 4 Bestimmungen ausgeführt, die nachstehende Resultate ergaben:

2.31 $^0/_{00}$, 2.356 $^0/_{00}$, 2.22 $^0/_{00}$ und 2.186 $^0/_{00}$, woraus das Mittel von **2.265** $^0/_{00}$ berechnet wurde.

---

# Bakteriologische Untersuchungen über das „Umschlagen" des Weines.

Von

Dr. ERNST KRAMER.

(Mit 21 Abbildungen.)

## I.

Der ausgegorene Saft der Weintrauben, der Wein, ist nicht nur der Einwirkung einiger Hefepilze und dies vornehmlich des *Saccharomyces ellipsoïdeus,* durch welche eben die alkoholische Gärung bedingt wird, unterworfen, sondern es gelangen in denselben teils mit den Trauben, teils auch späterhin anderweitige Mikroorganismen, welche imstande sind, zahlreiche Veränderungen in demselben hervorzurufen. So beispielsweise der Weinkahm *Saccharomyces Mykoderma,* der Essigpilz *Mykoderma aceti,* verschiedene Schimmelpilze und Bakterien. Die durch die Bakterien im Weine bedingten Veränderungen sind sehr verschiedenartiger Natur. So verursacht der von mir nachgewiesene *Bacillus viscosus vini* die schleimige Gärung im Weine;[1]) ferner giebt es Bakterien, die denselben bitter machen, andere wieder, die Milch- und Buttersäurebildung in demselben hervorrufen u. s. w., welche Vorgänge jedoch noch sehr wenig studiert worden sind. Eine der gefürchtesten Veränderungen im Weine ist jedoch jene Erscheinung, wobei der Wein in kürzester Zeit derart verdirbt, dass er vollständig ungeniessbar wird, was man im gewöhnlichen Leben das „Umschlagen" des Weines (*Vin tourné*) nennt. Der Wein wird trübe und nach und nach in eine widerwärtige Flüssigkeit verwandelt. Man hat es in einem solchen Falle mit einer förmlichen Fäulnis

[1]) E. KRAMER: Studien über die schleimige Gärung. Sitzb. d. Wien. Akad. d. Wiss. Math. naturw. Kl. Bd. XCVIII., Abt. IIb. Mai 1889.

des Weines zu thun. Die Ursache dieser Veränderung liegt in der massenhaften Entwickelung von Bakterien.

Diese Fäulnis des Weines tritt ausserordentlich häufig in den südlichen Weingebieten auf. Höchst wahrscheinlich dürfte der grössere Eiweissgehalt dieser Weine, die mangelhafte Behandlung derselben, die höhere Temperatur u. dgl. die rasche Vermehrung der Bakterien fördern. Infolge dieses „Umschlagens" des Weines gehen in manchen Jahren in den südlichen europäischen Weingebieten Tausende von Hektolitern Wein zu grunde. Dabei sei erwähnt, dass infolge des Genusses „umgeschlagener" Weine häufig Erkrankungen vorkommen. Wenn man weiter den Umstand in Erwägung zieht, dass der Wein nebst Wasser, Milch und Bier das verbreitetste Getränk ist, so glaube ich, mich nicht einer undankbaren Aufgabe unterzogen zu haben, wenn ich über die Vorgänge der faulen Gärung des Weines, die nicht nur vom streng wissenschaftlichen, sondern vom oenologischen Standpunkte aus interessant sind, eine Reihe von Untersuchungen ausgeführt habe.

Der Erste, der sich mit den Veränderungen „umgeschlagener" Weine beschäftigte, war MULDER,[1] der bereits im Jahre 1855 einige dieser Veränderungen nicht ganz unrichtig aufgefasst hat. Derselbe sprach die Ansicht aus, dass das „Umschlagen" des Weines in einer Zersetzung der Weinsteinsäure bestehe. Wodurch aber diese Zersetzung bedingt wird, war ihm nicht bekannt; wohl aber, dass sie stattfindet. Aus Cremor Tartari, sagt MULDER, wird kohlensaures Kali gebildet, wodurch der Farbstoff verändert und braun wird. Hiermit nimmt diese krankhafte Umsetzung ihren Anfang, pflanzt sich auf die anderen Weinbestandteile über und lässt endlich auch den Alkohol in Essigsäure übergehen. Die Zersetzung beginnt unten im Fasse und ist darum ohne Zweifel die Folge der Zersetzung der organischen Bestandteile der Weinhefe. Hier in den Bestandteilen des Bodensatzes sitzt der Keim des Übels; diese enthalten einen Stoff, der auf die Weinsteinsäure zersetzend einwirkt und diese unter Mitwirkung der Luft zu Kohlensäure und Wasser oxydiert. Bei weiterem Umsichgreifen geht selbst der Alkohol in Essigsäure über, und es tritt dann eine faulige Gärung ein. Aus dem Angeführten ist ersichtlich, dass MULDER annahm, die

[1]) MULDER, die Chemie des Weines. Leipzig 1856. S. 129.

Zersetzung des Weines finde durch rein chemische Vorgänge statt, die durch die Zersetzung der organischen Bestandteile der Weinhefe bedingt werden.

Pasteur[1]) hat nun im Jahre 1866 einige Klarheit in diese Vorgänge gebracht und nachgewiesen, dass dieselben durch Bakterien bedingt werden, er konstatierte schon damals das Vorhandensein grösserer und kleinerer Stäbchenbakterien, welche letzteren eine lebhafte Molekularbewegung zeigen sollen. Die grösseren, von denen mehrere zu Ketten vereinigt sind, haben eine Dicke von $1—1^1/_2$ $\mu$ und eine Länge von $3—5$ $\mu$, die kleineren bilden zumeist nur kurze Fäden. Dies ist ziemlich alles, was über die Pasteur'schen Fäulnisbakterien des Weines bekannt ist.

Gegenwärtig nimmt man an, dass durch diese Bakterien zunächst der Weinstein nach und nach vollständig zersetzt wird, was man damit erklärt, dass der Weinsteingehalt mit dem Fortschreiten der fauligen Gärung im Weine immer mehr abnimmt und schliesslich vollkommen verschwindet. Das dabei freiwerdende Kali verbindet sich mit der etwa im Weine vorhandenen freien Weinsäure, welche jedoch alsbald ebenfalls der Zersetzung unterliegt. Gleichfalls dürfte auch die im Weine vorkommende Apfelsäure und das sich durch Neutralisation bildende apfelsaure Kali der allmählichen Zersetzung unterworfen sein. Während nun in „umgeschlagenen" Wein einerseits Säuren verschwinden, treten andererseits wieder andere Säuren an ihre Stelle, und zwar sind es vor allem flüchtige Fettsäuren und die Kohlensäure. Von den Fettsäuren kann nahezu in jedem „umgeschlagenem" Weine die Essigsäure in geringer Menge nachgewiesen werden. König,[2]) der die Produkte, welche sich bei der Zersetzung von weinsaurem Ammoniak und weinsaurem Kalk durch das Ferment „umgeschlagener" Weine bilden, fand bei der Zersetzung des ersteren stets Bernsteinsäure und mitunter auch Ameisensäure, während bei der Zersetzung des weinsauren Kalkes nie Bernsteinsäure, sondern Propion- und Buttersäure gebildet wurden. Gautier will in „umgeschlagenen" Weinen auch Tartronsäure nachgewiesen haben. Schliesslich sei noch bemerkt, dass auch die Gerbsäure in solchen Weinen

---

[1]) Etudes sur le vin. Paris 1866.

[2]) Babo-Mach, Handbuch des Weinbaues pp. II. Bd. S. 531.

Veränderungen unterliegen dürfte, da in denselben sehr geringe Mengen derselben vorkommen.

Dies ist so ziemlich alles, was wir über die faule Gärung des Weines wissen; es sind daher exaktere Studien in dieser Richtung gewiss am Platze.

## II.

Behufs Erklärung der Vorgänge der faulen Gärung des Weines habe ich mir vorerst die Beantwortnng folgender zwei Fragen zur Aufgabe gestellt: a) Welche Bakterien sind es, die im Weine die faule Gärung hervorrufen? und b) welches sind die hauptsächlichsten durch dieselben bedingten Veränderungen?

Bevor ich zur Behandlung der ersten Frage übergehe, erlaube ich mir anzuführen, dass ich alle diesbezüglichen Untersuchungen im pflanzen-physiologischen Universitätsinstitute in Agram ausgeführt habe.

Die Beantwortung der ersten Frage war nicht leicht; denn es stellten sich gleich zu Beginn der bakteriologischen Untersuchungen einige Schwierigkeiten in den Weg. Im Weine, der bekanntlich einen durchschnittlichen Gehalt an freien organischen Säuren von 0.5—0.7 % (oft wird der Säuregehalt auch ein bedeutend grösserer) besitzt, können überhaupt nur jene ganz spezifischen Bakterien fortkommen, die einen stark sauren Nährboden beanspruchen. Daher können wir solche Bakterien nur auf solchen Nährboden züchten, welche diesen Ernährungsbedingungen entsprechen. Alle Nährböden und Nährlösung, die gegenwärtig bei bakteriologischen Untersuchungen verwendet werden, sind jedoch nur für die grosse Masse jener Bakterien berechnet, die einen neutralen oder schwach alkalischen Nährboden beanspruchen. Es trat daher vor allem die Aufgabe heran, einen passenden Nährboden für die Bakterien des Weines ausfindig zu machen, denn es stellten sich thatsächlich schon zu Beginn der Untersuchungen die üblichen Nährböden und Nährlösungen als nicht entsprechend heraus. In einer Reihe von Voruntersuchungen fand ich, dass den Bakterien der faulen Gärung des Weines als Nährlösung am besten die Fleischbrühe entspricht, wie solche bei den bakteriologischen Untersuchungen üblich ist, wenn ihr 0.05 % Pepton, 0.5 % Glycerin und sodann so viele Tropfen Wein zugesetzt werden, bis sie eine schwach saure Reaktion zeigt. Als festen Nährboden fand ich die

übliche, durch einige Tropfen Wein schwach sauer gemachte Nährgelatine am geeignetsten.

Die Kulturen, sowohl Stich- als Plattenkulturen, führte ich, wie dies bei bakteriologischen Untersuchungen allgemein üblich ist, aus. Weiter sei erwähnt, dass alle untersuchten Bakterien Farbstoffe sehr leicht aufnahmen, am besten bewährte sich hiebei die Färbung mit Gentiana-Violett und mit Fuchsin. Bei den mikroskopischen Untersuchungen bediente ich mich eines Zeiss'schen Mikroskopes mit einem Apochromaten von 2.00 mm Brennweite und dem Abbe'schen Beleuchtungsapparate. Die Abbildungen sind mit Hilfe einer Zeiss'schen Kamera ausgeführt worden, und zwar zuerst bei 1000facher und sodann bei 2250facher Vergrösserung. Die Messungen der Bakterien sind mit dem Compensationsocular vorgenommen worden.

Als Untersuchungsmaterial wurden sowohl Weiss- als Rotweine verschiedener Provenienz verwendet. Der grösste Teil hievon waren kroatische Weine, einige aus Steiermark und Krain. Alle Weine waren mehr oder weniger „ungeschlagen", d. h. sie befanden sich in den verschiedensten Stadien der faulen Gärung; während bei den einen das Auftreten dieser Gärung kaum erst bemerkbar war, waren andere schon derart zersetzt, dass sie absolut ungeniessbar waren. Zur Untersuchung wurden 32 Weinsorten verwendet. Gleichzeitig sei bemerkt, dass Weine mehrerer Weingebiete der genannten Provinzen insbesondere in schlechten Jahrgängen der faulen Gärung ziemlich leicht ausgesetzt sind und dieselbe bei ihnen so regelmässig verläuft, dass sie für diesbezügliche Untersuchungen ein vorzügliches Material abgeben.

Giebt man ein oder zwei Tropfen „umgeschlagenen" Weines auf ein Deckgläschen, lässt denselben an der Luft austrocknen, tötet sodann die am Deckgläschen zurückgebliebenen Bakterien durch ein dreimaliges Durchziehen durch eine Spiritusflamme, färbt sie mit Gentiana-Violett oder Fuchsin in üblicher Weise und untersucht sonach das Präparat mikroskopisch bei Abbe'scher Beleuchtung und Anwendung der Ölimmersion und eines Apochromaten, so wird man finden, sobald man auf diese Art eine grössere Anzahl von Präparaten verschiedener „umgeschlagener" Weine hergestellt hat, dass die gegenwärtige Ansicht, die faule Gärung des Weines sei durch zweierlei Bakterien, nämlich durch grössere und kleinere Stäbchenbakterien

bedingt, nicht richtig sein kann. Man findet z. B. in einem Weine, bei dem die faule Gärung kaum erst merkbar aufgetreten ist, nahezu lauter grosse und ziemlich lange Bacillen, unter denen sich vielleicht nur einzelne oder auch gar keine kürzere und etwas dünnere Stäbchen befinden. Bei einem zweiten Weine kann man hingegen wieder finden, obwohl in demselben die faule Gärung kaum merkbar aufgetreten ist, dass die dünneren und kurzen Stäbchen vorherrschen. In Weinen, in denen die faule Gärung schon stärker fortgeschritten ist, finden wir ausser den genannten Stäbchenbakterien auch sehr lange und äusserst feine Fäden, ferner kleinere und grössere Kokken u. s. w. Kurz, es treten bei der faulen Gärung des Weines eine ganze Reihe von spezifischen Bakterien auf.

Es trat nun die Hauptaufgabe heran, aus diesen Gemischen die verschiedenen Bakterienspezies zu isolieren. Dies war jedoch nicht ganz leicht zu erreichen, denn es zeigte sich, dass alle Bakterien der faulen Gärung des Weines sehr schnell die Gelatine verflüssigen, und anderenteils die Entwickelung von Kolonien auf Nährgelatine-Platten sehr unregelmässig vor sich geht. Zu Reinkulturen konnte man daher nur auf Umwegen gelangen. So bemerkte ich bereits bei der direkten mikroskopischen Untersuchung solcher Weine, dass in den verschiedenen Stadien der faulen Gärung des Weines das Mengen-Verhältnis der darin vorkommenden Bakterien ein wesentlich verschiedenes war. Ich benützte diesen Umstand und begann die Isolierung der Bakterien in jenen Weinen, in welchen auf Grund vorheriger mikroskopischer Untersuchung das überwiegende Auftreten der einen oder der anderen Bakterienart nachgewiesen worden ist. Mit diesen Weinen wurde zuerst Fleischbrühe, welche, wie eingangs erwähnt, speziell für diese Untersuchungen präpariert worden ist, geimpft. Von jedem Wein wurden je 3—5 Impfungen vorgenommen. Dabei zeigte sich, dass thatsächlich jene Bakterien, die im Weine vorherrschend waren, sich in der Fleischbrühe derart vermehrten, dass die anderen mehr weniger zurückgedrängt worden sind. Wo dies in hervorragender Weise der Fall war, überimpfte ich dieselben Kulturen wieder in Fleischbrühe, welche Operation des Überimpfens ich je nach der sich herausstellenden Notwendigkeit noch ein- bis zweimal wiederholte. Auf diese Art erzielte ich ziemlich reine Kulturen in Fleischbrühe. War die Isolierung

einmal so weit gediehen, dann führte ich erst Stich- und Plattenkulturen mit der schwach angesäuerten Nährgelatine aus. Auf diese Art und Weise ist mir in den meisten Fällen gelungen, zu Reinkulturen zu gelangen. Es fällt vielleicht der Umstand auf, dass die Gelatine-Platten nicht direkt mit den umgeschlagenen Weinen geimpft wurden. Dies hat jedoch seine Gründe. Überimpft man solche Weine direkt auf Gelatineplatten, dann kommen auf denselben zuerst die verschiedenen Schimmelpilze und die Saccharomyceten, und zwar vornehmlich Saccharomyces Mycoderma und Sacch. ellipsoideus, welche Mikroorganismen in keinem „umgeschlagenen“ Weine fehlen, zu so rascher Entwickelung und Vermehrung, dass die Bakterien durch dieselben zurückgedrängt werden. Anderenteils hat es auch den Anschein, als ob die Nährgelatine denselben bei direkter Übertragung aus dem Weine nicht allsogleich besonders gut entspreche, denn zwischen dem Wein und der Gelatine als Nährboden ist doch ein grosser Unterschied. Es hat sich bei den Untersuchungen thatsächlich herausgestellt, dass die vorher in der Fleischbrühe gezüchteten Wein-Bakterien, späterhin auf Nährgelatine übertragen, sich auf derselben sehr gut entwickeln und vermehren können. In die Fleischbrühe werden bei der Impfung zweifelsohne auch Schimmelpilze und Saccharomyceten, insbesondere der Kahmpilz übertragen, welche sodann an der Oberfläche eine mehr oder weniger dicke Haut bilden. Neigt man nun das Reagensglas langsam, so kommt die Fleischbrühe an der Seite der Haut heraus; überimpft man nun diese Fleischbrühe in eine zweite, so kann man sich eine Zucht von Bakterien in Fleischbrühe verschaffen, welche frei ist von Schimmel- und Sprosspilzen. Mit diesen Kulturen in Fleischbrühe wurden erst die Plattenkulturen in Nährgelatine ausgeführt.

Dass bei den Impfungen auf eine vollkommene Sterilisation in jedem einzelnen Falle die grösste Rücksicht genommen wurde, braucht kaum hervorgehoben zu werden.

Im Ganzen ist es mir gelungen, neun verschiedene Bakterienspezies zu isolieren, und zwar sieben verschiedene Bacillen und zwei Kokken. Die Bacillen habe ich mir erlaubt als *„Bacillus saprogenes vini“* mit den Nummern I bis VII, die Kokken als *„Micrococcus saprog. vini I* und *II“* zu benennen. Dieselben sind die folgenden:

1. *Bacillus saprogenes vini I.* Die Länge dieser Bacillen beträgt 2.5 — 6 $\mu$, die Dicke 1 $\mu$. Sehr oft bilden sie Fäden, die eine Länge bis zu 20 $\mu$ erreichen können. Doch findet die Bildung so langer Fäden im Weine nicht statt, sondern zumeist nur in Fleischbrühe- und Gelatinekulturen. Im Wein bildet er nur kurze aus 2—3 Individuen bestehende Fäden, oder es treten die Stäbchen einzeln auf. Diese ziemlich dicken und verhältnismässig langen, an den Ecken schwach abgerundeten Bacillen entwickeln sich in Fleischbrühe vorzüglich. Pepton-Gelatine zersetzen sie sehr rasch und verflüssigen dieselbe. Stichkulturen in Gelatine zeigen daher wenig charakteristisches, die Entwickelung und Vermehrung der Bacillen im Stichkanale ist eine sehr schwache, so dass der Stichkanal selbst bei älteren Kulturen kaum merklich hervortritt. Dagegen beginnt an der Mündung des Stichkanales bereits nach 24 Stunden die Verflüssigung der Gelatine, welche sich bald über ihre ganze Ober-

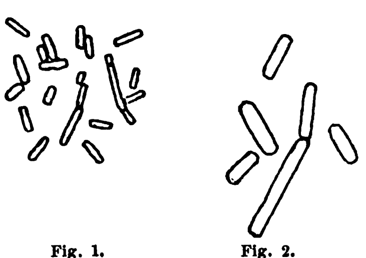


Fig. 1. Fig. 2.

fläche verbreitet und sodann von oben nach unten so lange fortschreitet, bis die ganze Gelatine zersetzt ist. Im hängenden Tropfen zeigen sowohl die einzelnen Stäbchen, als auch die Fäden, eine lebhafte Eigenbewegung. Die Fäden bewegen sich schlangenartig. Figur 1 zeigt uns diese Bacillen bei 1000facher, Figur 2 bei 2250facher Vergrösserung. Gelatine-Plattenkulturen zeigen ebenfalls nichts besonders charakteristisches; man beobachtet zuerst in derselben kleine Punkte, aus denen sich kleine Trübungen bilden, die jedoch wieder verschwinden, sobald die Gelatine verflüssiget wird. Bei älteren Plattenkulturen tritt Bildung von Ammoniak auf. Dieser Bacillus ist nahezu in jedem „umgeschlagenen“ Wein anzutreffen und scheint in Gemeinschaft mit dem nächstfolgenden die faule Gärung im Weine einzuleiten. Von 32 untersuchten umgeschlagenen Weinen fand ich denselben nur in e i n e m Weine, einem steierischen sogen.

„Schilcherwein“, nicht auf. Derselbe ist jedenfalls identisch mit den grossen eingangs erwähnten bereits von PASTEUR aufgefundenen grossen Stäbchenbakterien.

2. *Bacillus saprog. vini II* (Fig. 3 und 4). Dieser Bacillus ist bedeutend kleiner, als der erstere, die einzelnen Stäbchen haben eine durchschnittliche Länge von 1—2 $\mu$ und eine Dicke von 0.6—0.8 $\mu$, sie sind nahezu um die Hälfte so lang, als dick. Im Weine trifft man sie zumeist einzeln oder zu zweien, oder sie bilden Ketten von 3—4 Gliedern. In Fleischbrühe gezüchtet bilden sie Ketten von 10 und mehr Gliedern. Charakteristisch ist die Gelatinestichkultur derselben. Es bilden sich im Stichkanale schmutzig-gelb gefärbte stäbchenartige Gebilde, deren Entwickelung und Vermehrung sogleich aufhört, sobald an der Mündung des Stichkanales die Verflüssigung der Gelatine be-

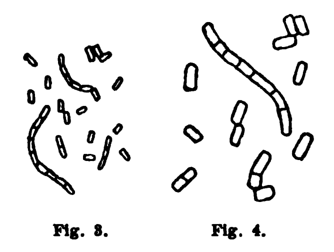


Fig. 3. Fig. 4.

gann, welche Verflüssigung trichterartig zunimmt. (Fig. 7). Die Verflüssigung der Gelatine geht bei diesem Bacillus bedeutend langsamer vor sich, als bei ersterem. Im hängenden Tropfen zeigen dieselben eine lebhafte Eigenbewegung, die Ketten bewegen sich schlangenartig. Die einzelnen Bacillen haben eine rechteckige Gestalt mit schwach abgerundeten Ecken. Diesen Bacillus traf ich in allen 32 untersuchten Weinsorten vor. Er tritt schon zu Beginn der fauligen Gärung in Begleitung des ersten auf und scheint, wie bereits bemerkt, dieselbe einzuleiten. Auf älteren Gelatine-Plattenkulturen wurde auch schwache Ammoniakentwickelung beobachtet. Wo er im Gemisch mit dem ersten vorkommt, da ist er vom ersten nicht schwer durch eine Gelatinestichkultur zu isolieren, während der erstere schnell die Gelatine an der Oberfläche verflüssiget und sich im Stichkanale gar nicht entwickelt, bildet der letztere im Kanale die bereits angeführten stäbchenartigen Gebilde (Fig. 5).

Durch Entfernung der verflüssigten Schichte kann man die Bacillen aus dem Kanale leicht in Fleischbrühe oder Gelatine übertragen.

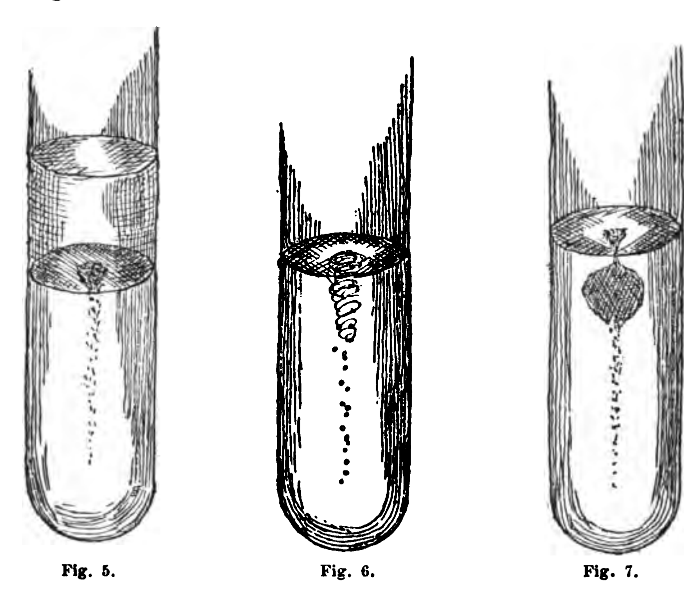


Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7.

3. *Bacillus saprogen. vini III.* (Fig. 8 und 9.) Dieser Bacillus erreicht eine Dicke von 0.66 $\mu$ und eine Länge von 2—4 $\mu$. Derselbe ist sporenbildend. Die Sporenbildung beginnt damit, dass in einem Stäbchen zu beiden Enden desselben (Fig. 9 a) die Sporenentwickelung den Anfang nimmt. Das Stäbchen,

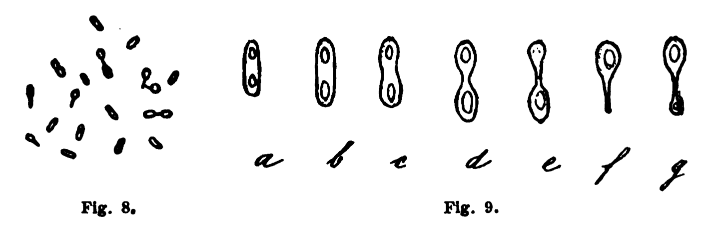



Fig. 8. Fig. 9.

sowie die Sporen, vergrössern sich (Fig. 9 b) und werden bei zunehmender Grösse der Sporen bisquitförmig (Fig. 9 c, d, e) und zerfallen schliesslich in zwei Teile, wovon jedes die Form eines Trommelschlägels (Fig. 9 f) beibehält. Hie und da sieht man auch im Stiel des Trommelschlägels eine neue Sporen-

bildung auftreten (Fig. 9 g). Auch dieser Bacillus ist gelatineverflüssigend, zeigt jedoch sowohl in Stich- wie Plattenkulturen keine besonderen Merkmale. Besonders wäre nur der Umstand hervorzuheben, dass derselbe die Nährgelatine unter Entwickelung von Ammoniak und noch einiger anderen übelriechenden Gase zu zersetzen imstande ist. Im hängenden Tropfen zeigen jene Stäbchen, in denen der Sporenbildungsprozess noch nicht vor sich gegangen ist, eine lebhafte Eigenbewegung, die Trommelschlägel hingegen stehen ganz ruhig und besitzen nicht einmal die sogenannte Brown'sche Molekularbewegung. Ich habe anfangs in diesem Bacillus den Bienstock'schen *Bacillus putrificus coli* vermutet; es stellte sich jedoch bald heraus, dass man in diesem Falle mit einer spez. Fäulnisbakterie des Weines zu thun habe. Der *Bac. putrific. coli* bildet auch Trommelschlägel, aber dieselben besitzen eine lebhafte Eigenbewegung und bewegen sich mit dem Kopfe voran. Ferner geht beim Bienstock'schen

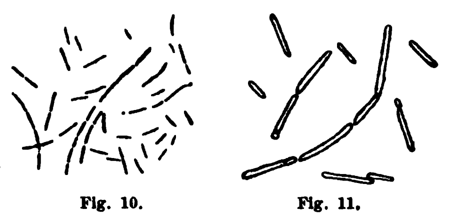


Fig. 10. Fig. 11.

*Bac. putr. coli* die Sporenbildung in der Weise vor sich, dass an dem einen, seltener an beiden Enden des Stäbchens eine Verdickung auftritt, ferner ist die Kultur desselben auf Nährgelatine anfangs perlmutterglänzend, und wird beim längeren Stehen gelblich und homogen. Dies alles trifft jedoch beim *Bac. saprog. vini* nicht ein. In „umgeschlagenen“ Weinen tritt derselbe nicht regelmässig auf, ich konnte denselben nur aus jenen Weinen, in denen die faule Gärung bereits weit fortgeschritten ist, mit Bestimmtheit nachweisen.

4. *Bacillus saprogenes vini IV.* (Figur 10 und 11). Bildet ausserordentlich feine und verhältnismässig lange Stäbchen, die eine Länge von 2—3 $\mu$ besitzen und dabei nur 0.35 $\mu$ dick sind. Sie bilden sehr leicht Ketten bis zu 12 und mehr Gliedern. So habe ich in Gelatinekulturen oft Ketten von einer Länge von 26 $\mu$ aus 11 Gliedern bestehend beobachtet. Die Ketten sind nicht gleich dick, es giebt Individuen darunter, die

eine etwas grössere Dicke (bis zu 0.5 μ) besitzen können. Am Ende der einzelnen Stäbchen beobachtet man nicht selten ganz kleine runde Individuen, es hat den Anschein, als ob dieser Bacillus Arthrosporen bilden würde. Gelatine wird von denselben sehr rasch verflüssiget. Stich-, wie auch Plattenkulturen zeigen nichts charakteristisches. Im hängenden Tropfen ist nur ein sehr leichtes Zittern bemerkbar, Eigenbewegung besitzen sie keine. In Weinen, die sich im ersten Stadium der faulen Gärung befinden, trifft man sie nicht an, ich habe sie jedoch in mehreren Weinen, die schon stärker zersetzt waren, aufgefunden. Gleichzeitig sei bemerkt, dass ihre Auffindung wegen ihrer Feinheit ziemlich schwer ist, und man muss selbst bei gefärbten Präparaten zu grossen Vergrösserungen greifen.

5. *Bacillus saprogenes vini V.* (Fig. 12 und 13.) Dieser Bacillus, den ich nur in einigen wenigen umgeschlagenen Weinen vorfand, hat eine Länge von 2 μ und eine Dicke von 1 μ. Er

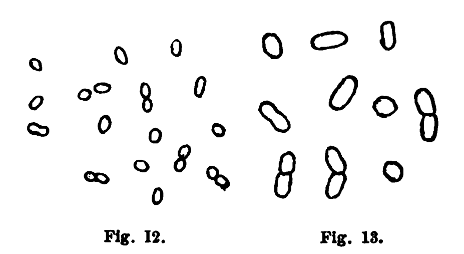


Fig. 12. Fig. 13.

bildet keine Ketten, sondern die einzelnen Individuen strecken sich, teilen sich sodann, bleiben eine kurze Zeit noch zusammenhängend und zerfallen schliesslich. Die Stäbchen sind an den Ecken sehr stark abgerundet, so dass sie nahezu elliptisch erscheinen. Die jungen noch nicht ausgewachsenen Individuen sind fast rund und können bei flüchtiger Beobachtung leicht mit Kokken verwechselt werden. Gelatine verflüssigen dieselben ziemlich leicht. Im hängenden Tropfen zeigen sie eine lebhafte Eigenbewegung. Die längeren in Teilung begriffenen stehen ruhig, nach und nach beginnen sie sich langsam zu bewegen. Die aus der Teilung hervorgegangenen jungen Individuen drehen sich lebhaft im Kreise herum. Wenn auch dieser Bacillus in umgeschlagenen Weinen seltener anzutreffen, so ist es zweifellos, dass er an der faulen Gärung derselben einen grösseren Anteil nimmt. So fand ich in zwei sogenannten steierischen

„Schilcherweinen“, in denen die faule Gärung noch nicht weit vorgeschritten war, einzig und allein diese Bacillen vor.

6. *Bacillus saprogenes vini VI.* (Fig. 14 und 15.) Diesen sporenbildenden Bacillus beobachtete ich in einigen ziemlich stark umgeschlagenen Weinen. Derselbe bildet 2 μ lange,

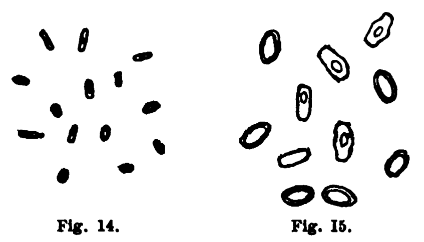


Fig. 14. Fig. 15.

1 μ dicke Stäbchen. In einigen dieser Stäbchen beobachtet man zuerst lichte Punkte, welche sich nach und nach vergrössern, so dass der Bacillus zu beiden Seiten bauchig erscheint. Sobald die Spore ganz ausgewachsen ist, wird der Bacillus ganz elliptisch und erlangt eine Dicke von 1.5 μ bei einer Länge von 2 μ. Im hängenden Tropfen zeigen die sporenlosen Individuen eine Eigenbewegung, die sich mit der Entwickelung der Sporen nach und nach verlangsamt. Jene mit den ausgebildeten Sporen stehen ganz ruhig. Die Stichkulturen in Gelatine zeigen um die Stichöffnung einen schmutzigen Beleg, im Kanale entwickeln sie sich nicht. Die Gelatine verflüssigen sie ziemlich schnell, bei älteren Kulturen tritt Ammoniakentwickelung auf. Diesen Bacillus fand ich nur in jenen Weinen, in denen die faule Gärung schon weit vorgeschritten ist, vor.

7. *Bacillus saprogenes vini VII.* (Fig. 16 und 17.) In zwei Rotweinsorten, die sich im ersten Stadium der faulen Gärung befanden, beobachtete ich neben dem *Bacillus saprogenes vini I* und *II*

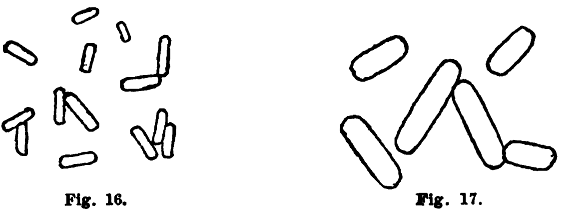


Fig. 16. Fig. 17.

auch Bacillen, die der Gestalt nach dem ersten ganz ähnlich waren, sich aber von denselben durch ihre ausserordentliche Grösse bedeutend unterschieden. Dieselben hatten eine

Dicke von 1.6—2 $\mu$ und eine Länge von 4—8 $\mu$. Dieselben sind gleichfalls gelatineverflüssigend. Ob sie aber als eine besondere Spezies aufzufassen, oder mit dem *Bacillus saprogenes vini I* identisch und vielleicht nur infolge günstigerer Ernährungsverhältnisse grösser geworden sind, konnte ich noch nicht mit Bestimmtheit feststellen.

8. *Micrococcus saprogenes vini I.* (Fig. 18 und 19.) Bildet kleine Kügelchen von 0.5 $\mu$ Durchmesser, welche stets einzeln auftreten, Ketten konnte ich nie, Diplokokken nur höchst selten beobachten. Dieselben verflüssigen die Gelatine sehr langsam. Sehr charakteristisch sind die Gelatinestichkulturen. Um die Stichöffnung entsteht ein schmutzig gelber Beleg und späterhin unter demselben eine wolkige Trübung, welche nach und nach zerfliesst. Im Kanal ist die Entwickelung sehr unregelmässig. Es bilden sich in demselben kugelartige, schmutzig-gelbe, rosenkranzartig an einander gereihte und durch Intervalle verbundene

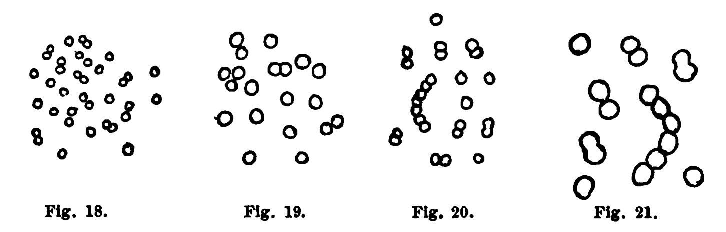


Fig. 18. Fig. 19. Fig. 20. Fig. 21.

Kolonien. (Fig. 6.) Diese Kokken kommen in jenen Weinen in grösseren Mengen vor, welche bereits stark zersetzt sind.

9. *Micrococcus saprogenes vini II.* (Fig. 20 und 21). Diese Kokken sind bedeutend grösser, als die ersteren, denn sie haben einen Durchmesser von 1—1,4 $\mu$. Sie bilden häufig Diplokokken, in Fleischbrühe oder Gelatine auch rosenkranzartige Ketten bis zu 10 Gliedern. Sie sind gelatineverflüssigend. Nähere Kulturmerkmale sind nicht bekannt.

Dies sind nun die Bakterien der faulen Gärung des Weines; es ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass man bei weiteren Untersuchungen vielleicht noch andere auffinden könnte. Ferner sei bemerkt, dass alle diese Bakterien aërob sind. Dass Pasteur in umgeschlagenen Weinen nur zwei Bakterienspezies aufgefunden hat, ist leicht erklärlich, denn zur Zeit, als derselbe die diesbezüglichen Untersuchungen ausgeführt hat, befand sich die Bakteriologie kaum in den Kinderschuhen.

Nun gehen wir zur zweiten Frage über: Welche Veränderungen werden durch die angeführten Bakterien im Wein hervorgerufen?

In erster Linie war mir darum zu thun, zu untersuchen, wie sich die genannten Bakterien gegenüber der Zersetzung des Weinsteines und der Weinsäure verhalten. Zu diesem Zwecke bereitete ich mir 2—3 %-Lösungen von Weinsäure, weinsaurem Ammoniak und weinsaurem Kali, setzte jeder dieser Lösungen etwa 0.05 % Pepton und die nötigen Mineralstoffe zu, sterilisierte die Lösungen in üblicher Weise und impfte sie sodann mit einem Gemische von Bakterien umgeschlagener Weine. Der Impfstoff ist nicht direkt dem Weine, sondern Fleischbrühekulturen entnommen worden. In diesen Kulturen trat nun selbst nach dreimonatlichem Stehen keine Veränderung ein, woraus man den Schluss zu ziehen berechtigt wäre, dass die genannten Bakterien auf Weinstein und Weinsäure und weinsaures Ammoniak nicht direkt zersetzend einwirken können. Wurden jedoch den genannten Lösungen (statt 0.05 %) grössere Mengen von Pepton (circa 3,0 %) zugesetzt, dann vermehrten sich die Bakterien nicht nur stark, sondern es konnte die Zersetzung der Weinsäure und der andern weinsauren Salze leicht konstatiert werden. Noch deutlicher trat diese Zersetzung ein, wenn eine mehr oder weniger stark peptonisierte Fleischbrühe mit Weinsäure oder weinsauren Salzen versetzt und sodann mit dem genannten Bakteriengemisch geimpft wurde. Dies leuchtet ein, dass die genannten Bakterien in erster Linie auf die Eiweissstoffe direkt zersetzend einwirken können. Es fragt sich nun, welches sind die Zersetzungsprodukte? Bekanntlich tritt beim „Umschlagen“ der Weine eine stärkere oder schwächere Entwickelung von Kohlensäure auf. Die Bildung dieser Kohlensäure ist jedoch nicht auf die Thätigkeit der Hefe zurückzuführen, sondern einzig und allein auf jene der Bakterien. Ich habe Weine, die in der faulen Gärung begriffen, bedeutende Mengen Kohlensäure entwickelten, auf ihren Zuckergehalt geprüft und gefunden, dass in denselben kaum Spuren von Traubenzucker vorhanden waren. Trotzdem ging die Kohlensäureentwickelung derart stark vor sich, als ob der Wein mindestens 3—4 % Zucker enthalten würde. Ausserdem konnte ich in solchen Weinen nur sehr geringe Mengen von Weinhefe mikroskopisch nachweisen, was Alles gewiss nicht der Fall gewesen wäre,

wenn die Kohlensäureentwickelung in einer Vergärung des Traubenzuckers durch Hefe vor sich gegangen gewesen wäre. Ähnliche Beobachtungen haben bereits auch andere Forscher gemacht. Wenn wir weiter noch den Umstand in Erwägung ziehen, dass die Kohlensäureentwickelung nur in jenen umgeschlagenen Weinen besonders stark auftritt, welche sich durch einen hohen Eiweissgehalt auszeichnen, wie dies beispielsweise bei Weinen kroatischer Provenienz der Fall ist, dann wird uns von selbst einleuchten, dass die Kohlensäureentwickelung bei der faulen Gärung des Weines hauptsächlich nur auf die Zersetzung der Eiweissstoffe durch die Bakterien zurückzuführen sein wird.

Neben der Kohlensäure bilden sich bei dieser Zersetzung auch anderweite gasige Produkte. So das Ammoniak. Ich habe mir bereits vorher zu erwähnen erlaubt, dass ältere Kulturen einiger Fäulnisbakterien des Weines in Nährgelatine einen deutlichen Ammoniakgeruch zeigten. Die Bildung des Ammoniaks bei der Zersetzung der Nährgelatine kann aber gewiss auf nichts Anderes, als auf die Zersetzung der Eiweissstoffe, zurückgeführt werden. Im Weine, welcher der fauligen Gärung unterliegt, tritt die Entwickelung von Ammoniak nie merklich auf, da sich dasselbe beim Freiwerden sogleich mit der freien Weinsäure des Weines verbindet. Dass es sich thatsächlich derart verhält, beweist der Umstand, dass man in den meisten stark „umgeschlagenen“ Weinen leicht weinsaures Ammoniak nachweisen kann.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass bei der faulen Gärung des Weines auch Wasserstoff in geringer Menge auftritt, wie ich dies in zwei Fällen mit Bestimmtheit nachweisen konnte.

Es unterliegt gewiss keinem Zweifel, dass bei der faulen Gärung des Weines in erster Linie die Eiweissstoffe desselben eine Zersetzung erleiden; denn impft man einen alkoholarmen Wein mit niederem Eiweissgehalte mit den genannten Bakterien, so tritt selbst nach monatelangem Stehen keine faule Gärung ein, während solche Weine, wenn sie stark mit Pepton versetzt werden, nicht schwer Zersetzungen erleiden.

Die Zersetzung der Eiweissstoffe dürfte folgender Weise vor sich gehen: Das Eiweissmolekül wird durch die Lebensthätigkeit der Bakterien gespalten, so dass Amidoderivate der

Fettreihe (Amidosäuren)[1]), stickstoffhaltige Körper aus der aromatischen Gruppe, peptonartige Reste etc. entstehen. Nun werden aber die erstgebildeten Zerfallsprodukte rasch weiter zerlegt, so dass sie wenig bemerkbar werden. So werden die Amidosäuren in $NH_3$ und Fettsäuren, von denen die letzteren unter Freiwerden von $CO_2$ und H gespalten werden, zerlegt. Für diese Auffassung spricht thatsächlich der Umstand, dass gleich zu Beginn der faulen Gärung des Weines in geringer Menge Fettsäuren, so wie auch $CO_2$, $NH_3$ und H auftreten. Alle weiteren Zersetzungen in Weinen können nur auf Reduktionen und Oxydationen zurückgeführt werden. Die ersteren werden durch den auftretenden Wasserstoff bedingt, die letzteren vielleicht dadurch, dass der naszierende Wasserstoff das Sauerstoffmolekül zerreist und so den Sauerstoff aktiv macht. Thatsächlich muss bei der faulen Gärung des Weines Sauerstoff stets verhanden sein, bei Abschluss von Sauerstoff findet dieselbe nicht statt.

Es ist bereits eingangs bemerkt worden, dass in umgeschlagenen Weinen flüchtige Fettsäuren ziemlich stark auftreten. So wurde beobachtet das Auftreten von Essigsäure, Ameisensäure, Bernsteinsäure, Buttersäure, Milchsäure, Propionsäure und Tartronsäure. Mir ist es in den meisten stark umgeschlagenen Weinen gelungen, Ameisensäure, Essigsäure, Butter- und Milchsäure nachzuweisen. Man kann diese Säuren überhaupt schon nach dem Geruche erkennen. In quantitativer Beziehung ist ihr Auftreten grossen Schwankungen unterworfen: in dem einem Stadium finden wir die Essigsäure, in einem anderen die Butter- oder die Milchsäure vorherrschend. Ganz ähnlich verhält es sich mit der Bernsteinsäure. In manchen umgeschlagenen Weinen findet man diese in nicht unbedeutenden Mengen, in anderen nahezu keine. Nach meinen Untersuchungen kann selbst jene Bernsteinsäure, die infolge der Alkohol-Gärung in den Wein gekommen ist, wieder umgesetzt werden. Auch habe ich die Beobachtung gemacht, dass in jenen umgeschlagenen Weinen, in denen keine Bernsteinsäure nachzuweisen ist, nahezu stets Propionsäure auftritt. Es frägt sich nun, woher diese flüchtigen Fettsäuren stammen? Es ist gewiss, dass geringe Mengen derselben auf eine Abspaltung vom Eiweissmoleküle zurück-

[1]) Tyrosin habe ich in einem jungen eiweissreichen Weisswein nachgewiesen.

zuführen sein dürften; jedoch wenn man bedenkt, dass selbst stark eiweisshaltige Weine kaum 0.05 % Eiweissstoffe enthalten, so ist es auch klar, dass die grosse Menge derselben, die in solchen Weinen auftraten, auf ganz andere Prozesse zurückgeführt werden müssen. Ich glaube, dass die Bildung derselben einfach auf Reduktions- und Oxydationsprozessen, die durch die Bakterien bedingt werden, beruhen, und zwar sind es die freie Wein- und Äpfelsäure des Weines und ihre Verbindungen[1]), die denselben unterliegen. Dass jedoch diese Säuren vor der Umsetzung in das betreffende Ammoniaksalz übergeführt werden, ist kaum zu bezweifeln. Die Bildung der vorher angeführten in umgeschlagenen Weinen vorkommenden flüchtigen Fettsäuren ist aus den eben angeführten Säuren leicht erklärlich. Es ist nämlich bekannt, dass Äpfel- und Weinsäure durch Reduktion derselben d. h. durch Aufnahme naszierenden Wasserstoffs in Bernsteinsäure umgewandelt werden können. Weiter kann auch aus äpfelsaurem Kalk, d. i. durch Einwirkung bestimmter Bakterien auf denselben, unter Kohlensäureentwickelung bernsteinsaurer und kohlensaurer Kalk gebildet werden. Ammoniumtartrat wird durch Bakterien derart zersetzt, dass sich unter den Zersetzungsprodukten Bernsteinsäure und Ameisensäure befinden.

Durch Oxydation kann die Bernsteinsäure leicht in Propionsäure übergeführt werden, was im umgeschlagenen Weine thatsächlich der Fall sein dürfte. Auch kann Propionsäure aus Milchsäure entstehen. Die Überführung der Weinsäure in Buttersäure durch Bakterien ist eine bekannte Thatsache. Die Buttersäure kann aber bekanntlich durch Oxydation in Essigsäure, Bernsteinsäure und Kohlensäure übergeführt werden. Gautier will im umgeschlagenen Wein auch Tartronsäure nachgewiesen haben. Vielleicht entsteht dieselbe im Weine durch Oxydation des Glycerins.

Welche von den angeführten Bakterien sich an jedem einzelnen Prozesse beteiligen, dass bleibt vor der Hand noch eine offene Frage. Wahrscheinlich sind es der *Bac. saprogenes vini I* und *II*, welche mit der Spaltung der Eiweissmoleküle beginnen, d. h. die faule Gärung im Weine einleiten. Welche Bakterien aber nach diesen zur Herrschaft gelangen, dass hängt

[1]) Weinstein.

von der chemischen Beschaffenheit und der Reaktion des Weines und der Temperatur ab. Im Laufe der Zeit und unter dem Einfluss der allmählich fortschreitenden faulen Gärung ändert sich die Zusammensetzung des Weines vollständig, und es wird durch die Bildung von $NH_3$ die Alkalesenz des Weines bedeutend vermehrt. Dadurch bieten sich immer wieder für die anderen Bakterien günstigere Existenzbedingungen.

Dass auch der Farbstoff und das Tannin des Weines durch die verschiedenen Oxydations- und Reduktionsprozesse Zersetzungen erleiden, ist leicht begreiflich. Als Optimum für die Entwickelung der genannten Bakterien fand ich eine Temperatur von 20—24° C.

III.

Die Resultate dieser Untersuchungen wären folgende:

1. Das „Umschlagen" des Weines ist als ein spezieller und charakteristischer Fall der faulen Gärung aufzufassen. Dasselbe wird nicht, wie Pasteur und andere Forscher meinen, von nur zwei Bacillus-Spezies hervorgerufen, sondern es beteiligen sich an dem ganzen Vorgange eine Reihe von Bakterienarten, von denen folgende am häufigsten und regelmässigsten auftreten:

a) *Bacillus saprogenes vini I.* Bildet Stäbchen von 2.5—6 $\mu$ Länge und 1 $\mu$ Dicke, welche sich oft in Ketten bis zu 20 m Länge an einander reihen. Derselbe ist jedenfalls identisch mit den eingangs erwähnten bereits von Pasteur aufgefundenen grossen Stäbchenbakterien.

b) *Bacillus saprogenes vini II.* Derselbe ist bedeutend kleiner, als der vorangehende. Die Stäbchen haben eine durchschnittliche Länge von 1—2 $\mu$ und eine Dicke von 0.6—0.8 $\mu$, sie sind nahezu halb so lang, als dick. Sie bilden im Weine oft auch Ketten von 3—4 Gliedern. Dieser Bacillus tritt zu Beginn der faulen Gärung in Begleitung des ersteren auf und dürfte dieselbe in Gemeinschaft mit dem vorangehenden einleiten, d. h. sich vornehmlich an der Spaltung des Eiweissmoleküls beteiligen.

c) *Bacillus saprogenes vini III.* Dieser Bacillus erreicht eine Dicke von 0.66 $\mu$ und eine Länge von 2—4 $\mu$. Derselbe ist sporenbildend. Die einzelnen sporentragenden Individuen haben die Form eines Trommelschlägels. Die Trommelschlägel haben keine Eigenbewegung. Derselbe tritt gewöhnlich in bereits stark zersetzten Weinen auf.

d) *Bacillus saprogenes vini IV.* Bildet ausserordentlich feine und verhälnismässig sehr lange Stäbchen, die eine Länge von 2—3 μ und eine Dicke von nur 0.35 μ besitzen. Auch bildet er Ketten bis zu 12 Gliedern. Derselbe besitzt keine Eigenbewegung. Tritt gewöhnlich in stark zersetzten Weinen auf.
e) *Bacillus saprogenes vini V.* Hat eine Länge von 2 μ und eine Dicke von 1 μ. Derselbe bildet keine Ketten, sondern tritt einzeln oder zu zweien auf. Die Stäbchen sind an den Ecken stark abgerundet, so dass die einzelnen Individuen nahezu elliptisch erscheinen. Diese Form scheint sich auch an der Spaltung des Eiweissmoleküls zu beteiligen.
f) *Bacillus saprogenes vini VI.* Dieser sporenbildende Bacillus kommt auch in stark zersetzten Weinen vor. Derselbe bildet 2 μ lange und 1 μ dicke Stäbchen. Die Bacillen mit ausgebildeten Sporen sind elliptisch und dabei 2 μ lang und 1.5 μ dick. Die sporentragenden Individuen haben keine Eigenbewegung, die andern besitzen eine solche.
g) *Bacillus saprogenes vini VII.* Dieser Bacillus ist der Form nach dem *Bacillus saprogenes vini I* sehr ähnlich, aber bedeutend grösser. Derselbe besitzt eine Länge von 4—8 μ und eine Dicke von 1.6—2 μ.
h) *Micrococcus saprogenes vini I.* Bildet kleine Kügelchen von 0.5 μ Durchmesser; dieselben treten stets einzeln auf und sind in den meisten stark umgeschlagenen Weinen anzutreffen.
i) *Micrococcus saprogenes vini II.* Diese Kokken sind bedeutend grösser, als die ersteren, denn sie besitzen einen Durchmesser von 1—1.4 μ. Sie bilden häufig Diplokokken und auch rosenkranzartige Ketten bis zu 10 Gliedern.

Alle hier angeführten Bakterien sind gelatineverflüssigend und aërob.

2. Bei der faulen Gärung des Weines sind mehrere Zersetzungsstadien zu beobachten. Das erste Stadium oder die Einleitung derselben wird durch die Spaltung der Eiweissstoffe des Weines bedingt, in den späteren Stadien erleiden in erster Linie die Weinsäure und Äpfelsäure und der Weinstein Zersetzungen und Überführungen in andere Säuren der Fettkörpergruppe.

3. Die Einleitung der faulen Gärung dürfte in folgender Weise vor sich gehen: Das Eiweissmolekül wird durch die

Lebensthätigkeit des *Bacillus saprogenes vini I* und *II* (und vielleicht auch durch andere Bacillen) derart gespalten, dass Amidoderivate der Fettreihe (Amidosäuren), stickstoffhaltige Körper aus der aromatischen Gruppe, peptonartige Reste etc. entstehen.

Nun werden aber die erstgebildeten Zerfallsprodukte rasch weiter zerlegt, so dass sie wenig bemerkbar werden. So werden die Amidosäuren in $NH_3$ und flüchtige Fettsäuren, von denen die letzteren unter Freiwerden von $CO_2$ und H gespalten werden, zerlegt. Für diese Auffassung spricht sehr deutlich der Umstand, dass zu Beginn der faulen Gärung des Weines in geringer Menge Fettsäuren, so wie auch $CO_2$, $NH_3$ und H auftraten. Auch kann in solchen Weinen Tyrosin und dergl. nachgewiesen werden.

4. Bei der faulen Gärung des Weines treten folgende flüchtige Fettsäuren auf: Die Ameisensäure, Essigsäure, Bernsteinsäure, Butter- und Milchsäure, ferner Propion und Tartronsäure und vielleicht auch Capronsäure. Es ist nicht zu zweifeln, dass geringe Mengen der einen oder anderen dieser Säuren vom Eiweissmolekül bei der Einleitung der faulen Gärung des Weines abgespalten werden, doch kann man mit ziemlicher Bestimmtheit annehmen, dass der grösste Teil dieser Säure primäre und sekundäre Zersetzungsprodukte der Weinsäure und der Äpfelsäure, sowie des Weinsteins, und auf von den Bakterien bedingte Oxydations- und Reduktionsprozesse zurückzuführen sind. Als primäre Zersetzungsprodukte dürften die Ameisensäure, Buttersäure, Bernsteinsäure und Milchsäure aufzufassen sein. Die Essigsäure und Propionsäure dürften wieder durch die Thätigkeit spezieller Bakterien aus der Bernsteinsäure und Milchsäure hervorgehen. Die Tartronsäure könnte als ein Oxydationsprodukt des Glycerins aufgefasst werden. Welche von den angeführten Bakterien sich an den einzelnen Prozessen beteiligen, bleibt noch eine offene Frage. Dass durch die von den Bakterien hervorgerufenen Oxydations- und Reduktionsvorgänge auch die Farbstoffe und das Tannin Zersetzungen erleiden, ist leicht begreiflich.

---

## Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. *Bacillus saprogenes vini I* (1000 : 1).
„ 2. „ „ „ „ (2250 : 1).
„ 3. „ „ „ *II* (1000 : 1).
„ 4. „ „ „ „ (2250 : 1).
„ 5. Kultur von *Bacillus saprogenes vini I* und *II*. Im Stichkanale befindet sich *Bacillus saprogenes vini II*, oben der gelatineverflüssigende *Bacillus saprogenes vini I*.
„ 6. Stichkultur in Nährgelatine von *Micrococcus saprogenes vini I*.
„ 7. „ „ „ „ *Bacillus saprogenes vini II*.
„ 8. *Bacillus saprogenes vini III* (1000 : 1).
„ 9. „ „ „ *a, b, c, d, e, f, g* die verschiedenen Entwickelungsstadien (2250 : 1).
„ 10. *Bacillus saprogenes vini IV* (1000 : 1).
„ 11. „ „ „ „ (2250 : 1).
„ 12. „ „ „ *V* (1000 : 1).
„ 13. „ „ „ „ (2250 : 1).
„ 14. „ „ „ *VI* (1000 : 1).
„ 15. „ „ „ „ (2250 : 1).
„ 16. „ „ „ *VII* (1000 : 1).
„ 17. „ „ „ „ (2250 : 1).
„ 18. *Micrococcus saprogenes vini I* (1000 : 1).
„ 19. „ „ „ „ (2250 : 1).
„ 20. „ „ „ *II* (1000 : 1).
„ 21. „ „ „ „ (2250 : 1).

# Die Zusammensetzung der Ackererde, nach Anleitung der in den vorigen Abhandlungen mitgeteilten Analysen von gewöhnlichen und vulkanischen Thonböden.

Von

Prof. Dr. J. M. VAN BEMMELEN-Leiden.

Die in der vorigen Abhandlung mitgeteilten Analysen geben mir Anleitung zu einigen Betrachtungen allgemeiner Natur über die Zusammensetzung der Ackererde (auch inbezug zu ihrer Fruchtbarkeit), und zwar insbesondere über den colloïdalen Komplex von Humat und Silikat, welcher durch Salzsäure und Schwefelsäure zersetzbar ist, sowohl was das Verhältnis zwischen Kieselsäure und Alaunerde, als auch den Gehalt an Eisenoxyd und an in diesem Komplex absorptiv gebundenen alkalischen Basen anbetrifft.

## I. Humusgehalt.

| | Meeresschlick unter Brakwasser | | | Kulturboden | Vulkanische Thonböden in Kultur | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Sumatra Deli | | Java (Pasoeroean) | |
| | Schwerer Thon aus dem Y | Schwerer Thon aus dem Y-Hafen, aus dem Lauwersee*) u. aus dem Hafen von Blankenberge**) | Leichter Thon Zuiderzee | Schwerer Thon bei dem Kening. Rembang | I | II | Gondang Legie | Sirka Anjar |
| % Humus | 6.90 | ± 6 | 3.25 | 2.65 | 5.1 | 3.25 | 3.8 | 3.4 |
| „ Stickstoff | 0.31 | 0.3—0.4 | 0.15[5] | 0.17[7] | 0.29 | 0.22 | 0.18 | 0.18[6] |
| % Stickstoff im Humus | 4.5 | | 4.8 | 6.7 | 5.7 | 6.7 | 4.7 | 5.5 |

*) Zwischen den Provinzen Friesland und Groningen.

**) In West-Flandern (Belgien).

In dem frischen unter Wasser abgesetzten Schlamm ist der Humusgehalt im Verhältnis zu dem Thongehalt am grössten. Thon- und Humusgehalt halten gewissermassen gleichen Schritt, wie sie denn auch einen colloïdalen Komplex bilden. So fand ich in den beiden Proben Meeresschlick:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Schwerer Thon | 30 % $SiO_2$ und $Al_2O_3$ | im durch Salzs. u. Schwefels. zersetzten Silikate | 6.9 % Humus |
| Leichter Thon | 17 „ „ „ „ | | 3.2 „ „ |

und beobachtete bei einer grossen Menge Proben verschiedenen Thongehaltes (s. S. 254), dass der Glühverlust niedriger war, sobald der Thon ein leichterer war. Der Stickstoffgehalt des Humus ist ziemlich derselbe, 4.5—7 %, wenn man inbetracht zieht, dass die Zahlen des Humusgehaltes nicht sehr genau sind, und dass eine kleine Differenz im Stickstoff-Befund schon einen bedeutenden Einfluss auf diese Prozentzahl hat. Der Wasserstoffgehalt des Humus ist höher im Meeresschlick, als im Kulturboden (s. S. 282).

Ein Gehalt von 3—5 % Humus entspricht einem fruchtbaren Boden. In dieser Hinsicht gehört also Deli I zu den besten. Der Thonboden aus Rembang steht den anderen Böden nach.

Die Humussubstanzen halten mineralische Bestandteile absorptiv gebunden, besonders die alkalischen Basen. Diese absorbierten Substanzen sind zweifellos von der höchsten Bedeutung für die Fruchtbarkeit des Bodens. Ihr Betrag ist aber nicht zu bestimmen, weil der coll. Humus und das coll. Silikat einen Komplex bilden, und sie auch in diesem letzten gebunden sind. Wird also die Erde mit Säuren ausgezogen, so treten aus beiden alkalische Basen in Lösung.

Für die Fruchtbarkeit der Erde ist es ausserdem von grosser Bedeutung, in welchem Stadium der Humifizierung die organischen Bestandteile sich befinden, wie viel braune oder schwarze — mehr oder weniger zersetzte oder oxydierte — stickstoffreiche oder arme — in Alkalien mehr oder weniger lösliche — Humussubstanzen anwesend sind. Der Gang der Humifizierung kann bedeutend verschieden sein nach den Umständen von Feuchtigkeit und Luftzutritt oder Luftabschluss, An- oder Abwesenheit von kohlensaurem Kalk; wie der bekannte Unterschied zwischen dem unfruchtbaren sauren und dem fruchtbaren milden Humus beweist. Das Absorptionsvermögen für Basen muss bei den verschiedenen Modifikationen der Humus-

substanzen ein verschiedenes sein. Jedoch von allen diesen Modifikationen wissen wir nichts, und wir sind ganz ausser Stande, diese colloïdalen Substanzen in bestimmte Körper zu trennen [1]).

Die Bestimmung desjenigen Teiles des Humus in einer Ackererde, der durch verdünnte Alkalien gelöst wird (vor oder nach Behandlung der Erde mit einer verdünnten Säure), und der zu gleicher Zeit sich lösenden mineralischen Bestandteile kann uns wenig lehren. Solche einfachen Mittel sind vollständig ungenügend, um den Wert des Humus zu beurteilen und um zu entscheiden, wie viel alkalische Basen, Phosphorsäure pp. an die Humussubstanzen gebunden sind. Die Unrichtigkeit der Betrachtungen und Schlussfolgerungen Grandeau's über seine sogenannte *Matière noire* ist durch die Versuche von O. Pitsch [2]) zur Genüge nachgewiesen.

Wenn man die Eigenschaften der Humussubstanzen als Colloïde inbetracht zieht, dann lässt sich auch von dieser Seite beweisen, dass die Resultate von Pitsch richtig sein müssen.

Der Kalk ist im Humus (und auch im colloïdalen Silikat) am losesten gebunden, namentlich im Vergleich mit dem Kali. Er bietet also der lösenden Kraft der verdünnten Salzsäure den geringsten Widerstand. Daher wird dem Humus der grösste Teil seines Kalkes durch die verdünnte Salzsäure entzogen. Bestandteile, die nicht absorptif gebunden sind, weder im Humus, noch im Silikat, werden durch verdünnte Säure mit gelöst — falls sie löslich sind — so der phosphorsaure Kalk, der kohlensaure Kalk pp. Im Thone der neuen Alluvien kommt noch phosphorsaurer Kalk frei vor; in alten, lange kultivierten Böden, die keinen kohlensauren Kalk mehr enthalten, ist die Phosphorsäure wohl an Eisenoxyd-Alaunerde gebunden im coll. Complex festgelegt, und daher für sehr verdünnte Säuren wenig zugänglich.

Die Kalkverbindung der Humussubstanz ist in Wasser, und auch in Ammoniak sehr wenig löslich. Ist nun der Kalk dem Humus grösstenteils durch verdünnte Säure entzogen, dann kann ein Teil der Humussubstanz (früher Apokrensäure, Humussäure

---

[1]) Ausführlicher entwickelt in: Die Absorptionsverbindungen und das Absorptionsvermögen der Ackererde. Dieses Journal Band XXXV S. 108—116.

[2]) In diesem J. XXVI (1881) S. 1—49.

genannt) sich in Ammoniak lösen. Darum wirken auch kohlensaure (feste) Alkalien, selbst kohlensaures und phosphorsaures Ammoniak lösend auf die Humussubstanzen der Ackererde. Es findet Substitution statt, d. h. Auswechslung zwischen dem Kalk und den Alkalien nach den Gesetzen der Substitution in Absorptionsverbindungen [1]), und dabei kommt bedeutend Humussubstanz in alkalische Lösung [2]), wenn diese nicht sehr schwach ist. Denn im letzten Fall konnte das Alkali aus dem Alkalisalze fast ganz von der Humussubstanz absorbiert und unlöslich werden.

Kommt nun Humussubstanz in ammoniakalische oder kalische Lösung, so kommt eine zweite Eigenschaft der Humuscolloïde zur Geltung. Kieselsäure, Eisenoxyd, Alaunerde, alkalische

---

[1]) Die Absorptionsverbindungen pp. S. 126. sqq.

[2]) So erhielt ich aus drei Böden die folgenden Mengen:

| | nach Grandeau's Methode behandelt | Langfortgesetzte kalte Digestion mit halb verdünntem Ammoniak (nach Ausziehung mit sehr verdünnter Säure) |
|---|---|---|
| Alluv. Thon aus Rembang, der keinen guten Tabak mehr hervorbringt | 0,8 % Matière noire mit 31 % anorganischer Bestandteile. | ± 6,0 wovon 50 % anorganisch. |
| Vulkanische Thon Gondang Legie, der sehr guten Tabak hervorbringt | 2,5 % Matière noire mit 36 % anorganischer Bestandteile. | |
| Idem Sirka Anjar | 2,7 % Matière noire mit 40 „ anorganischer Bestandteile. | |
| Vulkanischer Thon, Deli | | ± 6,0 wovon 58 % anorganisch. Die gelöste Substanz enthielt nach dem Trocknen noch viel Ammoniak. |

Nach dem Ammoniak brachte verdünntes Kali noch viel organische Substanz in Lösung (mit $SiO_2$, $Al_2O_3$, $Fe_2O_3$). Ich kenne diesen Bestimmungen nur einen qualitativen Wert zu.

Erden [1]) lösen sich in einem gewissen Masse in dieser alkalischen Humuslösung, und können alle neben einander gelöst bleiben. Früher dachte man sich dieses verursacht durch die Bildung von löslichen Doppelsalzen. Es ist hier aber keine Rede von chemischen Verbindungen nach bestimmten Proportionen, nur von flüssigen colloïdalen Molenkomplexen [2]). Auf dieselbe Weise können lösliche Eiweisstoffe, Glycerin, Zucker, Basen und Salze in Lösung halten, die sonst in Wasser unlöslich sind. Viele der gewöhnlichen chemischen Reaktionen auf diese gelösten Mineralsubstanzen bleiben in dieser Lösung aus. Nicht allein obige Bestandteile, sondern auch Phosphorsäure kann dabei in Lösung bleiben. Und so lässt es sich dann erklären, dass in der obengenannten alkalischen Lösung der Ackererde auch viel Phosphorsäure vorkommt. Wird die Lösung eingedampft bis zur Trockne, dann bleibt in der Humussubstanz sehr viel Ammoniak absorptif gebunden zurück, und dabei wird sehr viel Kieselsäure und eine bedeutende Menge Phosphorsäure, Eisenoxyd, Alaunerde und Alkalien, auch noch alkalische Erden gebunden.

Es fragt sich nun, woher diese Bestandteile stammen. Die verdünnte Salzsäure hat nur wenig Silicat zersetzt. Ammoniak muss also (nach der Salzsäure) vorzugsweise auf den Humus einwirken. Die ammoniakalische Humuslösung bringt aber auch viel Kieselsäure in Lösung. Ob Kieselsäure im Boden an Humussubstanz gebunden vorkommt, oder ob sie aus dem coll. Silikat durch die ammoniakalische Humuslösung losgemacht wird, mit etwas Alaunerde, ist noch unbekannt. Merkwürdig ist es, dass nach den Analysen von Pitsch in der nach Grandeau's Methode von ihm erhaltenen *Matière noire* (aus einem Thon- und einem Sandboden), also in dem ersten Auszug mit Ammoniak, soviel Phosphorsäure vorkam, dass es in Äquivalenten mehr betrug, als die Alaunerde, Eisenoxyd und Manganoxydul zusammen. Ein fortgesetztes Ausziehen der Erde mit Ammoniak oder mit Kali bringt mehr Kieselsäure pp. und stets weniger Phosphate in Lösung. Die alkalischen Basen

[1]) Kalk natürlich in geringerem Masse, weil das Kalkhumat in Ammoniak wenig löslich ist.

[2]) Über das gelöst sein von Colloïden, und über die Peptisation der gallertartigen Colloïde siehe: Sur la nature des Colloïdes etc. Recueil des travaux chim. des Pays-bas 1888. VII page 37—69.

werden wohl hauptsächlich aus der gelösten Humussubstanz abstammen, an welchen sie in der Erde gebunden waren. Ein kleinerer Teil kann durch Auswechslung mit Ammoniak aus dem coll. Silikat in Lösung gekommen sein.

Wird der ammoniakalische oder kalische Auszug des mit verdünnter Salzsäure ausgezogenen Bodens neutralisiert, dann scheidet sich das Humuscolloid als Gallerte aus, und absorbiert dabei neben viel Ammoniak die Phosphate und die übrigen unlöslichen Basen, sowie auch einen geringen Teil der Chlorure[1]).

Die Nichtbeachtung der Eigenschaften der Colloïde hat neuerdings EGGERTZ[2]) zu der Annahme geführt, dass in den Humussubstanzen der Ackererde Schwefel, Phosphor, Eisen, (möglicherweise auch Kieselsäure) nicht als Oxyde anwesend seien, sondern als intime Bestandteile des organischen Atomenkomplexes, die durch die gewöhnlichen Reagentien nicht nachgewiesen werden können. Er nennt die Humussubstanzen der Ackererde Mullkörper, und bereitet sie daraus durch Behandlung der Erde mit verdünnter Salzsäure, Ausziehen mit Ammoniak oder Kali, und Fällen mit einer Säure. Da nun diese Mullstoffe keine Phosphorsäure binden, und doch Phosphor enthalten, kann diese nach ihm nicht als Phosphorsäure anwesend sein.

Man muss jedoch bedenken, dass diese Mullkörper Eisen und Alaunerde-Phosphat enthalten, welche aus der Erde durch die alkalische Humuslösung in Lösung gebracht sind und bei Neutralisierung dieser Lösung mit der Gallerte gefällt werden.

Weil es für den Schwefel bewiesen ist, dass ein Teil daran in der organischen Substanz der Moore[3]) und auch der gewöhnlichen Ackererde nicht als $SO_3$, sondern als Schwefel im organischen Komplex gebunden vorkommt (höchst wahrscheinlich als eine schwefelhaltige organische Substanz), so ist es allerdings möglich, dass auch ein geringer Teil des Phosphors nicht als Phosphorsäure vorkommt; jedoch ist es nicht bewiesen.

Die Eisenoxyd- und Alaunerde-Colloïde werden durch Humusgallerte stark absorbiert, und diese Absorptionsverbindung bietet den verdünnten Säuren bedeutenden Widerstand. Das

---

[1]) Siehe: Die Absorptionsverbindungen pp. S. 75.

[2]) EGGERTZ' Centralblatt f. Agr. Ch. 1889. S. 75.

[3]) So fand sich in saurem Darg (Thon mit Moor gemischt) neben Pyrit noch 0.5—1.6% Schwefel (Bijdragen tot de kennis pp. Seite 65).

gilt auch für alkalische Erden und Alkalien, die dagegen von EGGERTZ als Verunreinigungen der Humussubstanzen betrachtet werden.

Die Stärke der Bindung von alkal. Erden, Alkalien, durch Humussubstanz gegenüber zersetzenden Agentien ist abhängig von dem eigenthümlichen Zustand der Humussubstanz, von diesen Basen selbst, von der Temperatur, von der Konzentration des Agens, und von der gebundenen Menge. Wird das Colloïd durch Eintrocknen, durch Wärme pp. molekular geändert, dann ändert sich auch wieder die Stärke der Bindung. Die zersetzende Wirkung der Wärme auf die Absorptionsverbindung einer Humussubstanz mit Ammoniak ist noch dadurch kompliziert, dass ein Teil des Ammoniaks sich inniger mit der Humussubstanz verbindet bei Erhitzung (z. B. auf 100°). Ein Gleiches wird bei den colloïdalen Hydraten (Absorptionsverbindungen mit Wasser) für das Wasser, oder für die Absorptionsverbindungen mit einer Säure für diese Säure beobachtet (siehe Recueil des Trav. Chim. des Pays-bas T. VII Les colloïdes de l'oxyde aluminique et de l'acide stannique: page 75—77 et 96).

Die Kohle, so wie andere sogen. poröse Körper, zeigen analoge Erscheinungen. Schon vor vielen Jahren ist H. ROSE dadurch irrtümlich veranlasst worden, die Hypothese aufzustellen, dass die mineralischen Bestandteile — die die verkohlten Pflanzensubstanzen noch zurückhalten, wenn sie mit Wasser und Säuren ausgezogen sind — ursprünglich einen integrierenden Bestandteil der organischen Substanz ausgemacht haben.

---

## 2. Die löslichen Salze (Chlorure, Sulfate, Karbonate).

Chlorure und Sulfate sind nur in geringer Menge in den vulkanischen und den alluvialen Böden anwesend, wie das gewöhnlich der Fall ist, wenn der Boden nicht aus dem Meere, aus Seen, oder aus tieferen Schichten diese Salze zugeführt bekommt. Wie oben schon gesagt, in guten Kulturböden sind die alkal. Basen zu einem beträchtlichen Teile im colloïdalen Humat-Silikat-Komplex absorptiv gebunden. Das Karbonat von Kalk (Magnesia), das in dem Schlamm der Flüsse (Niederlande) und des Meeres nie fehlt, ist auch in grosser Menge in dem alluvialen Rembangthon (im Gebiete des Flusses der Kening)

anwesend, fehlt aber in den vulkanischen Erden. Ist es ein fruchtbares Bestandteil in frischen Kulturböden, so darf es in humusreicher Erde fehlen.

---

**3. Colloïdales Silikat.** — a) Kieselsäure und Alaunerde.

Dieses, namentlich das durch Salzsäure zersetzbare, ist wichtig für die Fruchtbarkeit, sowohl nach seiner Menge als nach seiner Zusammensetzung. Insofern sich diese Zusammensetzung aus der Analyse nach der von mir befolgten Methode[1]) ableiten lässt, sind die erhaltenen Resultate in der folgenden Tabelle (s. S. 355) übersichtlich zusammengestellt:

Der vulkanische Thon unterscheidet sich von dem gewöhnlichen durch den grösseren Gehalt von coll. Silikat und durch dessen Zusammensetzung. Er ist viel basischer (reicher an $Al_2 O_3$, auch an $Fe_2 O_3$) und durch Salzsäure sowohl, als durch verdünnte Kalilösung viel leichter zersetzbar; nach der Behandlung mit diesen Agentien bringt Schwefelsäure meist nur wenig mehr in Lösung, ausgenommen bei der Erde Deli II, die denn auch plastischer ist als Deli I. In dem durch Salzsäure zersetzbaren Silikat zwischen Alaunerde und Kieselsäure ist das Verhältnis bei den vulkanischen Thönen:

$$Al_2 O_3 . 1 \text{ bis } 2 \; Si O_2$$

Dagegen wurde bei dem schweren Meeresthon und dem Flussthon, die ungefähr dieselbe Menge davon enthalten (18 und 19 %) gefunden: $Al_2 O_3 . \pm 3 \; Si O_2$

und beim leichten Meeresthon . . . . $Al_2 O_3 \pm 5 \; Si O_2$

Dieses Verhältnis von 3 und 5 Mol. $Si O_2$ auf 1 Mol. $Al_2 O_3$ wurde sowohl in dem durch verdünnte, als durch konzentrierte Salzsäure zersetzten Teil gefunden.

Die gewöhnlichen Thöne besitzen einen grösseren Gehalt an durch Schwefelsäure zersetzbarem Silikat von der Zusammensetzung: . . . . . . . . . . . . . $Al_2 O_3 . 2 \text{ bis } 2{,}5 \; Si O_2$ als der vulkanische Thon. In den ersteren nähert sich dieses Verhältnis dem des Kaolins: $Al_2 O_3 . 2 \; Si O_2$. In den vulkanischen ist es im Gegenteil Kieselsäurereicher. Man muss dabei be-

---

[1]) Seite 283.

## Vulkanischer Thon.

| | Durch Salzsäure zersetzt: | | | | | Durch Schwefelsäure zersetzt: | | | Stark gebundenes Wasser: | | Coll. Silikat im Ganzen. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ungefähres Verhältnis von $Al_2O_3 : SiO_2$ (in Molec.) | | Menge | | | Ungefähres Verhältnis $Al_2O_3 : SiO_2$ (in Molec.) | Menge $Al_2O_3$ und $SiO_2$ | Alkalische Basen | Ungefähres Verhältnis $Al_2O_3 : H_2O$ (in Molec.) | Menge $H_2O$ | |
| | im leichter lösl. Theile | im übrigen | $SiO_2$ und $Al_2O_3$ | alkal.[1]) Basen | $Fe_2O_3$ | | | | | | |
| Deli I. | $Al_2O_3 : 1\,SiO_2$ | $Al_2O_3 : 1^8SiO_2$ | 49 % | 2.0 % | 7.0 % | $Al_2O_3 : 3^2SiO_2$ | 3.7 % | — | $Al_2O_3 : 2^7H_2O$ | 12.5 % | 74 % |
| | zusammen $Al_2O_3 : 2\,SiO_2$ | | | | | | | | | | |
| Deli II. | $Al_2O_3 : 2\,SiO_2$ | $Al_2O_3 : 2^7SiO_2$ | 27 „ | 2.0 „ | 4.8 „ | $Al_2O_3 : 4\,SiO_2$ | 7.0 „ | — | $Al_2O_3 : 2^7H_2O$ | 6.3 „ | 47 „ |
| | zusammen $Al_2O_3 : 2^5SiO_2$ | | | | | | | | | | |
| Gondang Legie | $Al_2O_3 : 2^2SiO_2$ | | 40 „ | 3.9 „ | 7.9 „ | $Al_2O_3 : 4\,SiO_2$ | 0.8 „ | 0.2 % | $Al_2O_3 : 2\,H_2O$ | 6.3 „ | 59 „ |

## Alluvialer Meeres- und Flussthon.

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Y-Schlick (schwerer Thon) | $Al_2O_3 : 3^1SiO_2$ | $Al_2O_3 : 3^1SiO_2$ | 18.0 % | 3.9 % | [2]) 5.6 % | $Al_2O_3 : 2^3SiO_2$ | 12.0 % | 0.9 % | $Al_2O_3 : 2^1H_2O$ | 4.9 % | 45 % |
| Kening-Thon (schwer) | $Al_2O_3 . 3\,SiO_2$ | | 19.4 „ | 2.8 „ | 4.8 „ | $Al_2O_3 : 2\,SiO_2$ | 9.5 „ | 0.5 „ | $Al_2O_3 : 2^4H_2O$ | 4.8 „ | 42 „ |
| Zuiderzee-Schlick (leichter Thon) | $Al_2O_3 : 4^8SiO_2$ | $Al_2O_3 : 4^8SiO_2$ | 9.8 „ | 3.0 „ | [2]) 3.0 „ | $Al_2O_3 : 2^4SiO_2$ | 7.2 „ | 0.5 „ | $Al_2O_3 : 2^0H_2O$ | ±2.0 „ | 25 „ |

[1]) Im Silikat und im Humat gebunden.

[2]) Das Eisen aus dem Pyrit ist als $Fe_2O_3$ mitgerechnet.

achten, dass die Schwefelsäure schon eine kleine Menge der unverwitterten, kristallinischen Silikate, die Kieselsäurereicher sind, zersetzen kann.

Je schwerer (fetter) der Thon ist, desto mehr colloïdales Silikat, sowohl durch Salzsäure als durch Schwefelsäure zersetzbares, enthält er. Es ist merkwürdig, dass das durch Salzsäure zersetzbare Silikat mehr Kieselsäure enthält, je nachdem der Thon ein leichterer ist, wenigstens in den untersuchten Proben.

Das „stark gebundene Wasser" gehört den beiden Teilen des Silikats an,[1]) und für einen kleinen Teil dem Humat. Es kommt mir merkwürdig vor, dass das Silikat des vulkanischen Thons von Deli mehr Wasser gebunden hält, als das des gewöhnlichen Thons. Die Zahlen der fünf Erden bewegen sich um das Verhältnis: 1 Mol. $Al_2O_3$ auf 2 bis 2,7 Mol. $H_2O$.

Man bedenke dabei, dass es sich hier um das Wasser handelt, welches bei 15° über Schwefelsäure festgehalten wird. (S. 277.)

Das Eisenoxyd ist zum Teil nicht als freies Eisenoxyd anwesend, sondern macht einen Theil des in Salzsäure zersetzbaren coll. Silikats aus. Verdünnte Salzsäure löst dann auch nur ein Teil des Eisenoxyds, eine stärkere Säure das übrige (bis auf einen kleinen Teil):

| Eisenoxyd gelöst durch | Schwerer Thon (Y) | Leichter Thon (Zuidersee) | Deli I Vulk. Thon. | Deli II Vulk. Thon. |
|---|---|---|---|---|
| Salzsäure sehr verdünnt, kalt | 2.12 pCt. | 0.87 pCt. | 1.0 pCt. | 2.12 pCt. |
| sehr verdünnt, heiss<br>stärkere Salzsäure | } 2.9 " | } 1.0 " | 3.48 "<br>2.42 " | } 2.47 " |
| Schwefelsäure | 0.23 " | 0.19 " | 0.13 " | 0.2 " |
| Zusammen | 5.2 pCt. | 2.1 pCt. | 7.0 pCt. | 4.8 pCt. |

In dem durch Schwefelsäure zersetzbaren Silikat und im unverwitterten Teil der gewöhnlichen Thone kommt nur sehr wenig Eisenoxyd (oxydul) vor. Wie viel im erstgenannten

[1]) Freilich kann ein sehr kleiner Teil davon auch den unverwitterten Silikaten (in Salzsäure und in Schwefelsäure unlöslich) zugehören.

Silikat gebunden ist, lässt sieh nicht bestimmen; doch darf man wohl annehmen, dass das Eisenoxyd das Silikat basischer macht, als es ohnedies der Fall wäre. Im allgemeinen beobachtet man, dass die Menge Eisenoxyd mit der Menge Alaunerde (im am leichtesten zersetzbaren Silikat) gleichen Schritt hält:

z. B.: Schwerer Thon im Y, Zuidersee, Dollard, Rhein u. s. w. } ± 5 % $Al_2O_3$

Leichtere Thöne . . . . . . . . . . 3—2 % $Al_2O_3$.

Die Zahl der Thonböden, in welchen ich die Zusammensetzung des colloïdalen Silikats zu bestimmen versucht habe, ist noch zu gering, als dass ich es für geraten halten könnte, weitergehende Schlüsse daraus zu ziehen. Bis jetzt sind dergleichen Bestimmungen nicht oder wenigstens sparsam vorhanden, und allerdings nicht nach einer Methode gemacht, die mit der meinigen vergleichbare Zahlen ergeben kann.

b) Alkalische Basen im coll. Silikat und Humat.

Es kommt nun darauf an, wie stark das leichter lösliche coll. Silikat und das Humat mit alkalischen Basen gesättigt sind.

Man kann annehmen, dass die aus Brak- oder Meerwasser abgesetzte Erde, verglichen mit einer Erde derselben Zusammensetzung, die mit süssem Wasser getränkt ist, ein gewisses Maximum von alkalischen Basen in ihrem Humat und coll. Silikat absorbiert hält.[1]) Darum können die Zahlen für den Kalk-, Magnesia-, Kali-, Natrongehalt in den verschiedenen Böden am besten mit einem Boden, wie der Y-Schlick, verglichen werden — natürlich nach Abzug der Chlorure, Sulfate, Karbonate, und indem man die absolute Menge des coll. Silikats + Humats in jeder Erde in Rechnung bringt.

Diese alkalischen Basen sind es ja, die durch die Colloïde aufgenommen und gebunden werden, und dieses nicht nach einfachen Molekulverhältnissen, sondern nach Art der Absorptionsverbindungen. Die so gebundenen alkalischen Basen können zu einem gewissen Betrage auswechseln gegen Basen in Salzlösungen

[1]) Kein absolutes Maximum. Denn die Erde kann aus einer Salzlösung, die konzentrierter ist, als Brak- oder Meerwasser, mehr Basen aufnehmen. Die Erde ist erst gesättigt für jede Base ($Ca_2O$, $Na_2O$, $CaO$, $MgO$), wenn sie sich bei einer bestimmten Temperatur mit einer gesättigten Salzlösung dieser Base in Gleichgewicht gestellt hat.

(wenn die Erden mit Salzlösungen geschüttelt werden); dieselben werden in abnehmender Menge durch erneuerte Mengen Wassers oder selbst von sehr verdünnter Säure dem Colloïd entzogen.[1])

Im Folgenden werden die vier alkalischen Basen jede für sich betrachtet. Die Prozentzahlen sind auf die ganze Erde (schwefelsäuretrocken) berechnet.

Kalk. — Wenn die Erde Karbonate (und Sulfate) enthält, ist die Berechnung der im Humat und coll. Silikat anwesenden Kalkmenge bis zu einem gewissen Masse unsicher. Denn die Kohlensäure muss für einen kleinen Teil an Magnesia gebunden sein, und dementsprechend fällt die genannte Menge Kalk zu niedrig aus. Auch die Schwefelsäure kann teilweise an andere Basen, als an Kalk, gebunden sein. Diese Unsicherheit hängt nämlich den Zahlen für den frischen Seeschlick (0.27 und 0.36 %) in der folgenden Übersicht an. (S. Tab. S. 359.)

Im Allgemeinen ist das colloïdale Humus-Silikat-Komplex ziemlich in gleichem Masse mit Kalk gesättigt.[2]) Nur die vulkanischen Böden aus Pasoeroean enthalten davon ausserordentlich viel, was auf eine Verwitterung des Hornblendematerials hinweist. Die Deli-Böden enthalten eine normale Menge, obgleich nicht gross inbetracht der sehr grossen Menge Colloïdsilikats.

Zieht man das Freimachen des Kalkes aus dem colloïdalen Humus-Silikat-Komplex durch Säuren verschiedener Stärke inbetracht, dann bestätigt sich, was ich schon früher beobachtet habe, dass nämlich der Kalk von verdünnter, kalter Säure (wie Essigsäure oder sehr verdünnter Salzsäure) schon zum grössten Teil oder wenigstens zur Hälfte ausgezogen wird. Das kommt am deutlichsten zum Vorschein, wenn kein Karbonat da ist. Verdünnte Salzsäure löst das Übrige fast ganz. Der Kalk ist in dem Colloïdsilikat und dem Humat am losesten gebunden, wie sich aus meinen früheren Untersuchungen[3]) und auch aus

---

[1]) Über die Natur der Absorptionsverbindungen und die Gesetze ihrer Bildung, Umsetzung und Zersetzung s. ausführlich meine Abhandlung: Das Absorptionsvermögen der Ackererde und die Absorptionsverbindungen in diesem Journal 1888, S. 69—136.

[2]) Dass der Kalk im Boden nicht allein als $CaCO_3$ anwesend ist, scheint noch nicht allgemein bekannt, denn Paul De Mondésir hält es noch für notwendig anzuzeigen, dass der in einem Boden gefundene Kalk nicht als $CaCO_3$ berechnet werden darf, sondern dass auch eine besondere Kohlensäure-Bestimmung dabei notwendig ist. (C. R. 1889. Vol. 108 pag. 24.)

[3]) Landw.-Vers.-Stat. 1866 Seite 281.

| Kalk | Meer- und Flussthon | | | | Vulkanische Böden | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Schwerer Thon | Leichter Thon | Nicht schwerer Thon | Schwerer Thon | Deli A | Deli B | Gondang Legie (Pasoeroean) | Sirka Anjar (Pasoeroean) |
| | mit Meersalzen getränkt Y | mit Meersalzen getränkt Zuidersee | Provinz Zeeland (Niederlande) Kulturboden humusreich | Java Rembang Kulturboden | | | | |
| Als Sulfat (und Chlorur) | $0.4^4$ | $0.5^6$ | Wenig | 0.06 | 0.03 | $<0.0^5$ | $<0.0^5$ | $<0.0^5$ |
| Als Karbonat . . . . . . . | 4.7 | 6.8 | 4.5 | 5.7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Durch verdünnte kalte Essigsäure gelöst . . . | $0.2^7$ | 0.4 | $0.1^7$ | $0.2^3$ | 0.3 | $0.3^5$ | 0.4 | $0.3^4$ |
| Durch Salzsäure gelöst . | $0.2^3$ | 0.3 | $0.3^7$ | 0.8 | $0.4^4$ | 0.4 | 1.85 | 3.4 |
| Durch Schwefelsäure gelöst . . . . . . . . . . . . | $0.0^4$ | $0.0^5$ | — | 0.1 | Spur | — | 0.07 | — |
| Durch Fluorwasserst. S. gelöst . . . . . . . . . | $0.0^6$ | $0.0^4$ | — | $0.0^2$ | 0.4 | — | 1.20 | — |
| Summe | $5.7^5$ *) | $8.1^5$ **) | | 6.9 | 1.2 | | $3.5^5$ | |

| | Gefunden: |
|---|---|
| *) In der ganzen Erde auf einmal bestimmt . . . . . | $5.7^1$ CaO |
| **) „ „ „ „ „ „ „ . . . . . . | $8.1^0$ CaO |

den Absorptionsversuchen genügend ergeben hat. Darum löst verdünnte Salpetersäure ungefähr ebensoviel Kalk als kochende Salzsäure.[1])

So erhielt ich bei Behandlung von Erde mit sehr verdünnter Salpetersäure (a) ungefähr die gleiche Mengen Kalk, wie durch Ausziehen mit stärkerer Salzsäure (b):

| | Schwerer Thon Dollard Queller | Schwerer Thon Finsterwolder Dollard Polder | Alter Thon (Prov. Gron) in wenig fruchtbarem Zustande | | Fruchtbare Wühlerde auf 1 m Tiefe (Groningen) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Sogenannter Roodoorn | Sogenannter Knick-Thon | |
| a | 6.5 | 5.5—5.6 | 0.13 | 0.28 | 7.2⁵—7.4 |
| b | 6.5 | 5.6⁵ | 0.24 | 0.30 | noch 0.12[2]) |

Dasselbe ergab sich beim Deliboden. Mit der gelösten Menge Kalk lässt sich hier die Menge des zersetzten Silikats vergleichen.

| | | Kalte Essigsäure verdünnt | Verdünnte Salzsäure $^1/_2$ Stunde bei 50⁰ | Verdünnte Salzsäure eine Stunde bei 100⁰ | Nach einander | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | halbverdünnte Salzsäure heiss | Schwefelsäure kalt | Schwefelsäure heiss |
| Deli- | $Al^2 O^3$ | Geringe Menge | 1.5 | 5.1 | 12.4 | 13.0 | 1.3 |
| Erde I | CaO | 0.33 | 0.6 | 0.6² | 0.6⁸ | 0.1 | |

Wenn also nur ein kleiner Teil ($^1/_8$) des Silikats zersetzt ist, ist schon fast die ganze Menge Kalk aus dem Humat und Silikat gelöst. Aus diesem bei alluvialen Thonen und auch im Deliboden beobachteten Verhalten, muss man schliessen:

---

[1]) Auch Berthelot teilte neulich mit (Ann. de Ch. et de Phys. Sept. 1888 p. 115), dass er in seinen Versuchsboden den Kalk schon ganz löslich fand in kalter, auf $^1/_{10}$ verdünnter Salzsäure (200 g Erde mit 40 g H Cl. auf 400 ccm Wasser) nach 24 Stunden; kochende, starke Salpetersäure (b) löste nicht mehr. Gefunden:

a) 3.272 % Ca O
b) 3.213 „ „
Differenz 0.060 %.

[2]) Erst wurde mit verdünnter Salpetersäure, dann mit starker Salzsäure ausgezogen.

entweder: dass der Kalk — insoweit er nicht im Humat gebunden ist — im Silikat nur im leichtest löslichen Teil (s. oben) gebunden ist,

oder: dass schon verdünnte Salzsäure dem colloïdalen Silikat den Kalk zu entziehen vermag, ohne dieses selbst aufzuschliessen.

Ich meine, dass es augenblicklich nicht möglich ist, zwischen diesen beiden Anschauungen zu wählen, und verweise ich auf meine Betrachtungen über die unbestimmten Verbindungen von colloïdalen Substanzen mit Basen etc.[1])

Das durch Schwefelsäure zersetzbare Silikat enthält in den gewöhnlichen alluvialen Meeres- oder Flussthonen sehr wenig Kalk, wie ich das oft gefunden habe. So jetzt auch im Rembang-Thon. In diesen allen nur $\pm$ 0.05 CaO.

---

**Kali.** Die folgende Tabelle giebt eine Übersicht des Kaligehalts in verschiedenen Böden. (s. S. 362 u. 363.)

Es ergiebt sich aus dieser Tabelle, dass die Meeres- und Flussthone reicher an Kali sind im coll. Silikat, als die vulkanischen.

In den ersten hält der Kalireichtum mit dem Gehalt von durch Salzsäure und durch Schwefelsäure zersetzbarem colloïdalem Silikat gleichen Schritt.

In Wasser und in sehr verdünnten Säuren lösen sich nur Spuren,[2]) wenn der Boden mit Meer- oder Brakwasser getränkt ist. Schwächer gebunden im colloïdalen Komplex von Humat und Silikat ist eine Menge von $\pm$ 0.2 % $K_2O$.

Wie aus der Tabelle zu ersehen ist, löst kalte verdünnte Essigsäure aus allen untersuchten Erden . . $\pm$ 0.1 % $K_2O$
Sehr verdünnte Salzsäure löst dann noch . . $\pm$ 0.1 „ „
Diese Menge wird im Allgemeinen aus guten Kulturböden (schwererem oder leichterem Thon, selbst gedüngtem Sandboden) durch sehr verdünnte kalte Säuren losgemacht. Je nachdem das Humat und coll. Silicat durch eine stärkere Säure

---

[1]) Über die Natur der Absorptionsverb. u. s. w. S. 118.

[2]) Siehe auch BERTHELOT: Ann. Ch. et Phys. 1888 pag. 92—105. Er erhielt aus seiner an Kali ziemlich armen Versuchserde mit kaltem Wasser nach fortgesetztem Auswaschen als Grenzwert 0.02 pCt., mit verdünnten Säuren 0,02 bis 0.04.

| Gelöst durch | Thon mit Meeressalzen getränkt. | | | | Thon- Schwerer | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Schwerster Thon beim Guadalquivir (Span.) | Schwerer Thon im Y. | Sehr schwerer Thon am Ufer des Y. | Leichter Thon im Zuidersee | 1) Dollard-polder | Perponcher-polder (Zeeland) |
| Wasser . . . . . . . | | 0.11 | 0.08 | 0.06 | | geringe Menge |
| verdünnte Essigsäure kalt | $0.15^5$ | 0.1 | 0.1 | $0.14^5$ | | 0.11 |
| sehr verdünnte Salzsäure . | | | | | 0.2 | |
| verdünnte Salzsäure . . | | 0.3 | 0.4 | | 0.2 | |
| stärkere Salzsäure . . . | | $0.5^5$ | 0.6 | | 0.5 | |
| starke Salzsäure . . . . | 1.2 | $0.1^5$ | 0.16 | $0.39^8$ | 0.1 | $0.9^3$ |
| Summe | $1.3^5$ | 1.2 | 1.3 | 0.6 | 1.0 | 1.0 |
| Schwefelsäure . . . . | — | 0.66 | 0.48 | 0.28 | — | — |
| Fluorwasserst. S. . . . | — | 0.74 | 0.8 | 0.88 | — | — |
| Summe | — | 2.6 | 2.6 | 1.76 | — | — |
| Kali im Ganzen auf einmal bestimmt . . . | . | 2.57 | . | 1.80 | | |

[1]) Diese Zahlen sind Mittelzahlen aus Analysen von Proben aus fünf

(Salzsäure oder Salpetersäure) und durch Erhitzen zersetzt wird, kommt mehr Kali in Lösung, und zwar in abnehmendem Verhältnis, je nachdem weitere Silicat-Mengen zersetzt werden, z. B.:

| | Sehr schwache Salzsäure. 1) | Salzs. (1 op 1) | Stärkere Salzs. | Summe. 1) |
|---|---|---|---|---|
| In einem schweren Y-Thon<br>$Al_2O_3$ : $K_2O$ | $K_2O$ 0.5 od. 0.3<br>$Al_2O_3$ 1.5<br>100: 33 oder: 20 | $0.5^5$<br>4.0<br>100: 14 | $0.1^5$<br>1.5<br>100: 10 | 1.2% od. 1.0% $K_2O$<br>7.0% $Al_2O_3$ |

[1]) 0.5 oder 0.3% (und in der Summe 1.0 oder 1.2%), je nachdem die durch verdünnte kalte Säure gelöste Menge Kali dazu gerechnet wird oder nicht.

| Kulturböden. | | | | Sand-boden. | Vulkanische Böden in Kultur. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Thon | | Weniger schwer bei Brouwershaven (Zeeland) humusreich | Leichter Thon (zwei Proben) S'Gravenpolder u. Bommenedepolder (Zeeland) | Meeressand stark gedüngt. Wilhelminapolder (Zeeland) | | | | |
| Untergr. auf 1 m im Alluvium Prov. Groning. (bei Appingedam) | bei der Kening (Rembang) Java | | | | Deli I. | Deli II. | Gondang Legie | Sirka Anjar |
| | geringe Menge 0.1 | geringe Menge 0.10[7] | 0.08 | 0.08 | 0.06[5] | | 0.09 | 0.09 |
| 0.22 | | | | | 0.09[6] | 0.06 | | |
| | | | | | 0.10[6] | | | |
| | | 0.4 | | | | | | |
| 1.0 | 0.5 | | | 0.5 | ± 0.11 | 0.17 | 0.14 | 0.12 |
| 1.2 | 0.6 | ± 0.6 | — | 0.6 | 0.4 | 0.23 | 0.23 | 0.21 |
| — | 0.2 | — | — | — | < 0.1 | — | 0.08 | — |
| — | 0.4[4] | — | — | — | 0.23 | — | 0.57 | — |
| — | 1.2 | — | — | — | 0.67 | — | 0.88 | — |

nachfolgenden Dollard-poldern, die 40--300 Jahre alt und nie gedüngt sind.

Die ganze Menge Kali beträgt im schweren Meeresthon ungefähr 1 %, welche bei leichteren Thonen bis zu 0.4 % herabsinkt. Die Menge Kali ist bei Thonböden verschiedener Schwere, aber gleichen Ursprunges, der Menge durch Salzsäure zersetzbaren coll. Silikats in einem gewissen Verhältnis proportional, wie schon aus der Tabelle ersichtlich ist.

In den schweren Meeresthonen der Niederlande beträgt die Menge des durch Salzsäure gelösten Kali's durchschnittlich 1 %, und der Alaunerde 6—7 %. In den leichteren Thonen sinken diese Mengen herab bis auf 0.4 Kali und 2 % Alaunerde.

| So fand ich noch: | % $Al_2O_3$ | % $K_2O$ |
|---|---|---|
| Schwerer Thon (Zuiderzee) . . . . . . . . . . | 7.0 | 1.2 |
| Wühlerde in der Provinz Groningen auf 1 m Tiefe (sogenannter blauer Thon mit viel kohlensaurem Kalk) . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 4.8 | 0.6 |
| Nicht schwerer Thon (Zuiderzee) . . . . . . . . | 4.3 | 0.6 |
| Drei leichtere Thone (Zuiderzee) . . . . . . . . | 2.7—2.0 | 0.5—0.4 |

Berechnen wir das Kali auf die Menge $SiO_2$ und $Al_2O_3$ welche aus dem durch Salzsäure zersetzten colloïdalen Teil der Erde abstammen (a), oder auf die ganze Menge durch Salzsäure zersetzte colloïdale Substanz (b), also $Al_2O_3$, $SiO_2$, $Fe_2O_3$, alkalische Basen und der Humus, dann erhalten wir für die drei vollständig analysierten Erden aus den Niederlanden:

| | % Kali | % von *a* | % von *b* | Kali auf 100 Teile *a* | Kali auf 100 Teile *b* |
|---|---|---|---|---|---|
| Schwerer Thon (Y-Schlick) . . . . . | 1.1 [2]) | 18 | 34 | 6.1 | 3.2 |
| Schwerer Thon aus den Dollard-Poldern,[1]) kultiviert . . . . | ± 1.0 | ± 16 | ± 30 | ± 6.0 | ± 3.3 |
| Leichter Thon aus der Zuiderzee . . . . | 0.54 [2]) | 7 | 18 | 7.0 | 3.3 |
| und für die Erde aus Java (Rembang): | | | | | |
| Schwerer Thon . . . | 0.6 | 19 | 30 | 3.1 | 2.1 |

Wie man aus den zwei letzten Spalten sieht, ist die Menge Kali dieselbe in derselben Menge colloïdaler Bodenteile bei schweren wie bei leichten Böden, die denselben Ursprung haben. Dagegen ist der alluviale Java-Thon von Rembang, durch den Keningfluss gebildet, schwächer mit Kali gesättigt.

Der mit Meer-Salzen getränkte Thon enthält nur etwas Kali mehr, als derselbe nach einer langjährigen Kultur ohne Düngung (wenn also die Meersalze aus der oberen Schicht verschwunden sind). Der Sättigungszustand des Colloïds für Kali ist also ungefähr derselbe und weist dieses auf die Wiederersetzung desselben aus natürlichen Quellen (atmosphärischer Staub, Untergrundswasser) hin.

[1]) Mittel aus den übereinstimmenden Bestimmungen in Proben aus den verschiedenen Dollard-Poldern.

[2]) Nach Abzug des von Wasser gelösten Kali's, weil diese Böden mit Brakwasser getränkt sind.

Alle diese Verhältnisse sind vollständig im Einklang mit den Resultaten der Absorptionsversuche.

Das colloïdale Silikat-Humat hält das Kali am stärksten gebunden, und kann das Kali aus Salzlösungen im verhältnismässig grössten Masse gegen seinen eignen Gehalt an Kalk und Natron (auch Magnesia) austauschen und binden.

Das (nach Behandlung mit Salzsäure) durch Schwefelsäure zersetzbare Silikat in gewöhnlichen Thonen, das annähernd der Zusammensetzung $Al_2O_3 . 2 SiO_2$ entspricht, enthält auch Kali, woraus folgt, dass dieser Kaligehalt der Erde desto grösser ist, je mehr von diesem Thone in der Erde vorhanden ist. So ist z. B. im Meeresthon die Menge Kali der Menge Silikat proportional:

| Thon | % Silikat durch Schwefelsäure zersetzt | % Kali durch Schwefelsäure gelöst | Kali auf 100 Teile dieses Silikats |
|---|---|---|---|
| Schwerer (Y) | 12.9 | 0.66 | 5.1 |
| Leichter (Zuidersee) | 6.1 | 0.28 | 4.6 |
| Im Kening - Thon (Rembang) ist der Kaligehalt geringer; denn ich fand in diesem: | | | |
| | 10 | 0.2 | 2.1 |

Im unlöslichen Teile (Quarz + Mineralien-Fragmente) enthalten die Mineralien-Fragmente noch viel Kali — wie aus der Tabelle ersichtlich — insoweit sie in den Meeres- und Flussthonen feldspatartiger Natur sind. (S. Seiten 246, 252, 274.)

Die vier vulkanischen Böden (die alle ausgezeichneten Tabak hervorbringen) enthalten im Ganzen viel weniger Kali, wiewohl sie reicher sind an durch Salzsäure zersetzbarem Silikat. Jedoch enthält Deli I fast dieselbe Menge in verdünnter Säuren löslichen Kalis, als die guten Kulturböden im Allgemeinen:

| Gelöst | % | Summe |
|---|---|---|
| durch verdünnte Essigsäure (kalt) . . . . . . . . | 0.06 | |
| „ sehr verdünnte Salzsäure (kalt) . . . . . . | 0.09[6] | 0.15[6] % |
| „ verdünnte Salzsäure (heiss) . . . . . . . . | 0.10[6] | |
| „ stärkere Salzsäure (heiss) . . . . . . . . | ± 0.15 | 0.25[6] % |
| | Zusammen | 0.41 % |

Diese Menge von 0.15⁶ % kann man wohl grösstenteils als im Humat gebunden annehmen. Auch die drei anderen vulkanischen Erden besitzen 0.05—0.1 % in verdünnter Essigsäure löslichen Kalis, also eine normale Menge. Dagegen ist das coll. Silicat in den vulkanischen Erden nur schwach mit Kali gesättigt — die Erden enthalten nur einen Bruchteil der Menge, welche in den schweren Meeresthonen in den Niederlanden enthalten ist — wie aus der folgenden Tabelle ersichtlich, wo *a* und *b* dieselbe Bedeutung wie oben (S. 364) haben:

| | % $K_2O$ durch Salzsäure gelöst | % a | % b | Auf 100 Teile a | Auf 100 Teile b |
|---|---|---|---|---|---|
| Deli I. | 0.4 | 49 | 67 | 0.8 | 0.6 |
| Deli II | 0.23 | $26^6$ | $37^3$ | $0.8^6$ | 0.6 |
| Gondang Legie | 0.23 | 40 | $55^7$ | $0.5^8$ | 0.4 |
| Sirka Anjar | $0.21^5$ | 26 [1] | 40 | 0.8 | 0.5 |

Deli I ist die humusreichste, und enthält dementsprechend mehr Kali, als die übrigen.

Die Zahlen in den beiden letzten Spalten sind sehr wenig von einander verschieden.

Da nun diese vier vulkanischen Erden alle einen fruchtbaren Boden für Tabak bilden, so darf man die erhaltenen Resultate und Berechnungen wohl als wichtige Beweise betrachten, dass es für die augenblickliche Fruchtbarkeit des Bodens darauf ankommt, dass im Humat, oder im coll. Humat-Silikat-Komplex, eine Menge von 0.1 bis 0.2 schwach gebundenes Kali anwesend ist, welche also schon durch verdünnte kalte Säuren gelöst wird.

Auf dieses merkwürdige Verhalten inbezug auf die Tabakskultur komme ich später zurück.

---

**Magnesia.** — Die folgende Tafel giebt eine Übersicht über den Gehalt an:

---

[1]) Diese Zahl ist geschätzt nach dem Gehalt an Alaunerde.

## Magnesia.

| | Thonböden mit Meeres-Salzen getränkt. | | | | Thonböden in Kultur. | | | | Vulkanische Thonböden (Sumatra und Java). | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Sehr schwerer Thon an der Mündung des Guidalquivir | Schwerer Thon im Y | Schwerer Thon am Ufer des Y | Leichter Thon im Zuiderzee | Schwerer Thon Dollard-polder | Nicht schwerer Thon bei Brouwershafen Prov. Zeeland | Schwerer Thon Per-poncher-polder Prov. Zeeland | Schwerer Thon Java Rembang | Deli I. | Deli II. | Java Malang Gondang Legie | Java Malang Sirka Anjar |
| Als Sulfat und Chlorur . | } 0.6 | 0.06 | 0.2 | 0.16 | Wenig | } Wenig | } Wenig | } Wenig | } 0.05 | } | } 0.08 | } 0.06 |
| Gelöst durch verd. Essigs. | | 0.68 | 0.2 | 0.25 | | $0.48^4$ | 0.34 | 0.14 | | | | |
| „ „ sehr verd. Salzs. | } 2.0 | } 1.28 | 0.4 | } 0.85 | } 0.8 | } 0.91 | } $0.64^5$ | } 0.53 | 0.07 | 0.19 | | |
| „ „ verd. Salzsäure | | | $0.7^3$ | | | | | | } 0.22 | } 0.20 | | |
| „ „ starke Salzs. . | | | $0.1^2$ | | $0.5^5$ | | | | 0.14 | | 0.9 | 1.95 |
| Summe[1]) | ± 2.4 | 1.9 | 1.4 | 1.1 | 1.3 | 1.3 | 1.0 | 0.7 | 0.5 | 0.4 | 1.0 | 2.0 |
| Gelöst durch Schwefelsäure | — | $0.08^5$ | 0.1 | 0.1 | — | — | — | 0.07 | Spur | — | 0.02 | — |
| „ „ Fluorwass. . | — | $0.09^5$ | 0.06 | 0.06 | — | — | — | 0.07 | 0.55 | — | 0.7 | — |
| Summe im Ganzen | — | 2.39 | — | 1.42 | — | — | — | 0.8 | $1.0^5$ | — | 1.7 | — |
| Auf einmal bestimmt in der ganzen Erde . . | — | 2,32 | — | 1.47 | — | — | — | — | — | — | — | — |

[1]) Die durch Wasser gelöste Mg O ist bei diesen Summen nicht mitgezählt.

Den Zahlen der Magnesia in karbonathaltigen Erden, soweit dies die in sehr verdünnten Säuren löslichen Mengen angeht, haftet die Unsicherkeit an, wie viel Magnesia als Karbonat und wie viel im Humat-Silikat anwesend ist. Da ich die Kohlensäure in den Berechnungen an Kalk gebunden habe, so sind die angegebenen Summen zu hoch bei denjenigen Erden, die viel kohlensauren Kalk enthalten. Man darf annehmen, dass der schwere Meeresthon enthält . . . . $\pm$ 1 % MgO
Und wenn er mit Meersalzen getränkt ist . . $\pm$ 1.3 % „
Sehr schwerer Thon, wie der von der Mündung des Guidalquivirs, enthält noch mehr, dagegen der Rembangthon weniger 0.7 %. Ebenso ergiebt sich, dass einem geringeren Gehalt an coll. Silikat im Meeresthon auch ein geringerer Gehalt an Magnesia entspricht.

Ausserdem ergiebt sich, dass durch verdünnte Säure schon ein beträchtlicher Teil der Magnesia gelöst wird. Das übrige löst sich, wie das Kali, wohl um so mehr, je mehr durch eine stärkere und heissere Salzsäure coll. Silikat zersetzt wird; doch löst sich schon das meiste durch halb verdünnte Salzsäure. Die Menge Magnesia variiert mehr, als die des Kalis. Das coll. Silikat (Humat) ist also mehr oder weniger mit Magnesia gesättigt, je nachdem freie Magnesiasalze anwesend sind.

Diese Ergebnisse stimmen wieder mit den Absorptions-Erscheinungen. Die Magnesia ist schwächer, als das Kali, in dem Humat-Silikat-Colloïd gebunden, aber stärker, als Kalk und Natron.

In dem durch Schwefelsäure zersetzbaren Silikat und in den Mineralienfragmenten tritt der Magnesiagehalt bei den Meeres- und Flussthonen sehr zurück.

Von den vulkanischen Böden haben Deli I und II wenig Magnesia; die aus Malang dagegen haben einen hohen Magnesiagehalt, übereinstimmend mit dem Kalkgehalte (s. oben), und weist dieses wieder auf die Verwitterung von Hornblende-Silikaten hin.

---

## Natron.

| | Thonböden mit Meeressalzen getränkt. | | | | Thonböden in Kultur. | | | | Vulkanische Thöne, Kulturboden. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Sehr schwerer Thon (Guadalquivir) | Schwerer Thon im Y. | Schwerer Thon am Ufer des Y. | Leichter Thon im Zuidersee | Schwerer Thon Dollard-polder | Nicht schwerer Thon bei Brouwershaven | Schwerer Thon Perponcherpolder | Schwerer Thon Bembang | Deli I. | Deli II. | Java Malang Gondang-Legie | Java Malang Sirka-Anjar |
| $Na_2O$ als Chlorur (Sulfat) . . . . | 0.75 | 0.34 | 0.13 | 0.31 | 0.01$^{5}$ | 0.03 | 0.03 | 0.01$^{4}$ | 0.01$^{5}$ | Spur | 0.01 | 0.01$^{5}$ |
| Gelöst durch verd. Essigsäure . . | 0.4 | 0.11 | } | 0.05 | } | 0.03 | } | 0.07 | 0.01$^{5}$ | 0.08 | 0.04 | 0.03 |
| Gelöst durch sehr verd. Salzsäure . | — | — | } | — | 0.03 | } | } | } | } | } | } | } |
| Gelöst durch starke Salzsäure . . . | 0.12 | 0.11 | 0.2 | 0.15 | 0.07 | 0.05 | 0.08 | 0.4 | 0.2 | 0.49 | 0.36 | 0.46 |
| Summe[1]) | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.0$^{8}$ | 0.0$^{8}$ | 0.5 | 0.2 | 0.6 | 0.4 | 0.5 |
| Gelöst durch Schwefelsäure . . . | — | 0.15 | 0.05 | 0.05 | — | — | — | 0.08 | Spur | — | 0.05 | — |
| Gelöst durch Fluorwasserstoffs. . . | — | 0.45 | 0.23 | 0.64 | — | — | — | 0.09 | 0.1 | — | 0.68 | — |

[1]) Das Natron, das als Chlorur angegeben ist, ist in dieser Summe nicht begriffen.

Der Natrongehalt in den alluvialen Meer- und Fluss-Thonen ist ein geringer. Nur wenn lösliche Chlorure da sind, hält das coll. Humat-Silikat verhältnismässig etwas mehr Natron gebunden; sonst beträgt die Menge nur $\pm$ 0.1 %.

Nur der Rembangthon enthält mehr Natron . . . 0,5.

Diese Ergebnisse stimmen wohl ganz mit den Absorptionserscheinungen. Natron ist am schwächsten gebunden und wechselt am leichtesten mit den anderen alkalischen Basen aus.

Auch das durch Schwefelsäure zersetzbare Silikat enthält wenig Natron. — Dagegen enthalten die feldspathartigen Mineralienfragmente neben Kali auch Natron.

In den vier vulkanischen Böden tritt das Natron in grösserer Menge auf, so in Deli II, in Gondang Legie, und in Sirka Anjar. Das coll. Silikat enthält 0.4 bis 0.6 % $Na_2O$. Auch die unverwitterten Mineralienfragmente enthalten viel Natron.

Von den löslichen Natronsalzen und von dem Natron im colloïd. Silikat, die beide in so geringer Menge vorkommen, kann man ohne Zweifel behaupten, dass ihr Vorrat im Boden — insoweit dieser durch Ernten verringert wird — immer wieder ergänzt wird aus natürlichen Quellen, wie Regen, Staub, oder aus dem Untergrunde.

---

**Phosphorsäure.** Der Phosphorsäuregehalt des guten gedüngten oder ungedüngten Ackerbodens variirt im Allgemeinen zwischen engen Grenzen. Die (durch Salpetersäure gelöste) Menge beträgt zwischen 0.25 % und 0.10 %;[1]) nur durch viel kohlensauren Kalk oder viel Sand wird sie bis auf 0.05 herabgedrückt. Die Phosphorsäure-Menge hält also im Allgemeinen gleichen Schritt mit dem Gehalt an colloïdalem Silikat-Humatkomplex.

Auch wenn der Boden gar nicht gedüngt wird, so z. B. bei den Dollardpoldern nach 300 Jahren, hält sich die Menge Phosphorsäure fast konstant.

Die in den Ernten fortgeführte Phosphorsäure im Oberfläche-Schicht des Ackerbodens wird unzweifelhaft bis zu einer gewissen Grenze aus natürlichen Quellen (Staub aus der Atmosphäre, Untergrundswasser) ersetzt.

---

[1]) Bei stark gedüngten Böden, z. B. bei Tabaksböden, steigt zeitweise der Gehalt über $^1/_4$ %.

Zum Beweise des obigen führe ich hier 49 meiner Bestimmungen, von 22 Orten, und von 10 Bodenarten, auf.

Von der ganzen Menge $P_2O_5$ ist nur ein Teil löslich in schwacher Säure. So erhielt ich in Böden, deren ganzer Gehalt an $P_2O_5$ 0.2 bis 0.1 % betrug, in schwacher Essigsäure löslich:

| | | $P_2O_5$ | |
|---|---|---|---|
| | Y-Schlick | 0.04—0.07 pCt. | Schwerer Thon mit Meeressalzen getränkt. |
| Polder in der Prov. Zeeland. (Insel Zuid Beveland) Kulturböden | Perponcherpolder | 0.04 | neuer Thon; eingedeicht vor 18 Jahren.[1] |
| | Breede Wateringpolder | 0.03[1] | alter Thon. |
| | 's Gravenpolder | 0.02[7] | alter leichter Thon. |
| | Bommenedepolder | 0.01[6] | „ „ „ |
| | Wilhelminapolder | 0.03 | Meeressand { gut gedüngt; eingedeicht vor 58 Jahren. |

Diese Phosphorsäure ist wohl grösstenteils als Calciumphosphat anwesend.

Das übrige ist im colloïdalen Humat-Silikat-Komplex stärker gebunden, wobei auch das colloïdale Eisenoxyd und die colloïdale Alaunerde eine Rolle spielen.[2] Man darf wohl annehmen, dass die Phosphorsäure in älteren Böden, die keinen kohlensauren Kalk enthalten, an Eisenoxyd und Alaunerde gebunden ist.

So erhielt ich in einem:

| | in Essigsäure löslich | in Königswasser löslich |
|---|---|---|
| Schweren Thon ohne kohlens. Kalk auf 1 m Tiefe im Alluvium bei Appingedam (Prov. Groningen) | 0.008 | 0.11 |

Was die analysierten Tabaksböden aus Java und Sumatra betrifft, so ergab es sich, dass der Gehalt an $P_2O_5$ in den vulkanischen Böden ein verhältnismässig hoher ist.

---

[1]) Die Altersjahre gelten nicht für 1889, sondern für das Jahr, in welchem eine Probe für die Analyse von mir gesammelt wurde.

[2]) Siehe darüber die schon zitierte Abhandlung von Pitsch. Diese Zeitschrift 1881 Band 26 S. 1. — Berthelot schliesst daraus, dass ein Teil als eine organische Phosphorverbindung anwesend ist. Der strenge Beweis dafür muss nach meiner Ansicht noch geliefert werden (siehe oben bei der Betrachtung über die Humussubstanzen der Erden: S. 352).

## Schwere Thon-Böden.

| | | % $P_2O_5$ | % $CaCO_3$ |
|---|---|---|---|
| Frischer Schlick. | **Mit Meer- oder Brakwasser getränkt.** | | |
| | Dollardbusen[1]) . . . . . . . . . . . . | 0.25 | 10 |
| | Y-Busen [acht Bestimmungen in Erde von verschiedenen Stellen] . . . . . . . . . . | 0.17—0.15 | 7—10 |
| | Aus der Zuidersee [fünf Bestimmungen von Erde aus verschiedenen Stellen] . . . . | 0.18—0.15 | 7—10 |
| | An der Mündung der Guadalquivir . . . . | 0.16 | 20 |
| | **Mit Süsswasser getränkt.** | | |
| | Aus den Flüssen Maas, Waal, Yssel[2]) . . . | 0.2—0.17 | 6—20% |
| Kulturböden. | Die Dollardpolder (Meeresthon). Sechs Erdproben aus je sechs Poldern, 50 bis 300 Jahre alt, nie gedüngt . . . . . | 0.2—0.18 | 10—0.0 |
| | Wilhelminapolder [50 Jahre alt] (Meeresthon). Provinz Zeeland — Insel Zuid Beveland . . | 0.22 | 6 |
| | Perponcherpolder [18 Jahre alt] (Meeresthon. Provinz Zeeland — Insel Zuid Beveland . . | 0.22 | 14 |
| | Aerarische Felder bei Werschütz — Ungarn. Schwerer Thon, sehr reich an kohlensaurem Kalk. — Oberfläche | 0.26 | 2[3] |
| | — auf 0.3—0.8 m | 0.14 | 34 |
| | — „ 0.8—1.2 „ | 0.12[5] | 34[4] |
| | Meeresthon auf 1 m Tiefe. Provinz Groningen bei Appingedam, Ortschaft Tuikwerd . . . . . . . . . . . . | 0.12 | 0 |
| | Flussthon — Java — Residenz Rembang — Abteil. Toeban. 5 Proben von verschiedenen Stellen in der Nähe des Flusses der Kening | 0.11—0.15 | 8—10 |

[1]) Auch im Schlick des Weser- und Jahde-Busens fand Fleischer: 0.23—0.15 % $P_2O_5$.

[2]) Diese drei Analysen sind von A. Adriaansz publiziert im Maandblad van het Gen. van Natuur-Genees-en Heelkunde te Amsterdam. 1870. I No. 4.

## Leichtere Thon-Böden.

| | | % $P_2O_5$ | % $CaCO_3$ | |
|---|---|---|---|---|
| Frischer Schlick. | Mit Meerwasser getränkt. | | | |
| | Aus der Zuidersee (Wieringermeer) . . . . . . . . . | $0.11^4$ | 12 | |
| | Aus der Zuidersee (5 Proben von verschiedenen Stellen) . . . | 0.13—0.10 | 5—12 | |
| Kulturböden. | Von Serooskerke (Provinz Zeeland — Insel Schouwen) . . | 0.10 | 3.5 | |
| | Von Noordwelle (Idem) . . . | 0 15 | 5.5 | |
| | **Meeressand.** | | | |
| Frischer Schlick. | (Mit Meerwasser getränkt.) | | | |
| | Aus der Zuidersee (von zwei Stellen) . . . . . . . . . | 0.06—0.1 | | . |
| Kulturboden (gedüngt). | Aus Wilhelminapolder (Provinz Zeeland — Insel Zuid Beveland) . . . . . . . . . . | 0.07 | 7.8 | |
| | **Diluvialer Lehm.** | | | |
| Kulturböden. | Von Renkum — Provinz Gelderland . . . . . . . . . . | $0.04^6$ | 0 | 5 pCt. Thon von dem Sande durch Schlemmen geschieden. |
| | Von Oene — Provinz Gelderland . . . . . . . . . . | 0.08 | 0 | 13 pCt. Thon von dem Sande durch Schlemmen geschieden. |

## Vulkanische Böden.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Deli I . . . . . . . . . . | Sumatra | 0.19 | 17 % Unlösl. | [Mineral.-Fragm.] |
| Deli II . . . . . . . . . . | „ | $0.11^5$ | 50 „ „ | [idem] |
| Gondang Legie . . . . . . | Java | 0.20 | $36^5$ „ „ | [idem] |
| Sirka Anjar . . . . . . . | „ | 0.19 | 54 „ „ | [idem] |

Leiden, 1. Dezember 1889.

# Über die Ursachen der Fruchtbarkeit des Urwaldbodens in Deli (Sumatra) und auf Java für die Tabakskultur und der Abnahme dieser Fruchtbarkeit.

Von

Prof. J. M. VAN BEMMELEN.

---

Wie bekannt hat sich seit zwanzig Jahren in der Landschaft Deli, an der nordostlichen Küste Sumatra's, eine grossartige Tabakskultur entwickelt. Die ausgezeichnete Fruchtbarkeit dieses mit Urwäldern bedeckten Bodens für die Hervorbringung eines Tabakgewächses, das wegen seiner guten Brennbarkeit und Sämischheit hohe Preise erzielt, hat den Erfolg gehabt, dass die Kultur sich fortwährend ausgebreitet hat, und dass jährlich Millionen und Millionen Wert an Deckblatt-Tabak produziert worden sind.

Da jedoch die besten Ernten bei einer einmaligen Bepflanzung eines und desselben Grundstückes erhalten werden, und auch einzelne Bodenstücke weniger gute Ernten ergeben, so werden die Besitzer allmählich zu der Frage gedrängt, durch welche Mittel sich diese grosse Fruchtbarkeit erhalten lassen könnte, und wesshalb einzelne Böden geringeren Wert haben. Man hat an Untersuchungs-Bureaux in Holland und auch in Deutschland Bodenmuster zur Untersuchung geschickt, und sind auch Gutachten darüber abgegeben. Die Düngerhändler sind dabei nicht zurückgeblieben, und haben verschiedene Kunstdünger (auch Malzkeime) als unfehlbare Mittel angeboten. Jedoch Gutachten und Düngemittel haben sich als ziemlich wertlos herausgestellt.

Auf Grund von Schlemmanalysen, Kohlenstoff- und Stickstoff-Bestimmungen, sowie von Analysen eines Salzsäure-Auszugs hat man die Fruchtbarkeit des Bodens beurteilt, und Vorschriften zur Behandlung desselben gegeben. Ergab der Salzsäure-Auszug eines Musters etwas weniger Kali oder Kalk oder Phosphorsäure, so wurde eine Düngung mit Kali, Kalk oder Phosphorsäure vorgeschrieben; — so z. B. sollte der Boden, der sich in der Kultur als der beste bewährt hat (und dessen Analyse ich in der vorhergehenden Abhandlung mitgeteilt habe), anhaltend Kunstdüngung erheischen! —

Gründe, die in der Kultur als gute anerkannt sind, wurden als weniger tauglich beurteilt, und umgekehrt. Kalkdüngung wurde bei allen anempfohlen. Ein Boden, der sehr guten Tabak geliefert hat, sollte viel Phosphorsäure und Kali bedürfen. Für einen Boden, der etwas weniger leichtlösliches Kali enthält, als ein anderer, wurde gleich eine reiche Kalidüngung vorgeschrieben, — indessen die Erfahrung gelehrt hatte, dass der erstere einen sehr guten und kräftigen Tabak, der zweite einen langsam wachsenden und schlechteren Tabak produziert hat. Für einen schweren (plastischen) Tonboden, der bei nicht zu trockenem Wetter grosse Ernten hervorgebracht hat, sollte Stalldünger unentbehrlich, Kali aber nicht Bedürfnis sein.

Solche Gutachten, nach der alten Rezeptierkunde aufgestellt, haben wirklich keinen Wert, und dazu noch den grossen Nachteil, dass sie das Zutrauen der Pflanzer in die Wissenschaft gründlich abschwächen, wie das bei den Delipflanzern denn auch der Fall gewesen ist.

Es kommt mir daher nicht nutzlos vor, die Ursachen des grossen Wertes dieser Böden zur Hervorbringung eines vorzüglichen Tabak-Deckblattes einer näheren Untersuchung und Betrachtung zu unterwerfen, und dabei die Erfahrungen bei einem verschlechterten Tabaksbau in Rembang (Java) auf alluvialem Tonboden, und bei zwei guten Tabaksböden in Malang (Res. Pasaroean, Java) auf vulkanischem Boden inbetracht zu ziehen.[1]) Ich hoffe damit einen, wenn auch sehr bescheidenen, Beitrag zu liefern zur Vermehrung unserer wissenschaftlichen Kenntnisse über diese so wichtige Kultur.

---

[1]) Siehe über die Zusammensetzung aller dieser Böden die vorige Abhandlung.

## I.
## Die Zusammensetzung der Asche der Blätter.

Die Aufgabe dieser Kultur ist in der ersten Stelle nicht die, von einem Grundstück möglichst viel Tabak zu ernten, sondern ein Blatt hervorzubringen, das von der besten Qualität ist. Nach dem Trocknen muss es sämisch sein (nicht brüchig); es muss eine bestimmte Farbe besitzen; es muss nicht zu viel Nikotin und Eiweisssubstanzen und genügend Kalisalze von organischen Säuren enthalten, so dass es bei der Verbrennung regelmässig verglimmt, — ohne stinkende Dämpfe, ohne schwarze Verkohlung, ohne Aufblähung; es darf stellenweise nicht durch einen Salpetergehalt verpuffen; es muss eine weisse Asche zurücklassen. Ein Blatt von dieser Beschaffenheit ist zum Deckblatte geeignet, oder wenigstens zum Umblatte, und kann einen Preis von 1 Gulden (Holländisch), oder mehr für das halbe Kilo bedingen. Ein Preis unter fl 0,90 — fl 1. macht die Tabaksunternehmungen auf Sumatra schon unmöglich.

### a. Kennzeichen der guten Blätter.

Die Blätter, welche diesen Bedingungen entsprechen, sind leicht, von gleichmässiger und fester Farbe, sanftglänzend, nicht fettig; die Stiele und Adern sind fein und trocken; sie besitzen ein gewisses Mass von Elastizität und Stärke, besonders nach dem Anfeuchten mit Wasser. Sie sind gross und breit. Die besten erreichen eine Länge und Breite von 4.2 auf 3.1 dm. Die Deli-Tabaksblätter sind 4.6 dm. lang, später 3,8 dm.

### b. Bestimmung von Nikotin, Stickstoff und der Aschenbestandteile im Delitabak.

Das untersuchte Muster Deli-Tabak von einer Unternehmung der ältesten Deligesellschaft, bei Mariendaal (gezeichnet M.[1] M. $R_1$) Ernte 1888 von vorzüglicher Qualität, enthielt in der rippenfreien Blattsubstanz[1]):

| | Auf 100° getrocknet. |
|---|---|
| Nikotin[2]) | 4.4 % |
| Stickstoff | 4.3 „ |
| Reinasche (ohne Kohlensäure und Kieselsäure) | 14.4 „ |
| Reinasche (mit der berechneten Menge Kohlensäure) | 22.1 „ |

[1]) Die Analyse ist auf Tafel I der folgenden Abhandlung enthalten.

[2]) Die Nikotinbestimmung geschah nach der geprüften Methode von Kissling. Siehe dessen Kritik der früher befolgten Methoden in Fresen. Zeitschr. Bd. XXI. S. 64, woraus folgt, dass die früheren Bestimmungen ungenau sind.

Der Stickstoff- und der Nikotingehalt sind ziemlich hoch.[1])

In den Rippen waren Nitrate anwesend, wie sich bei der Verbrennung durch Verpuffung anzeigen liess. Bei der Blattsubstanz war von Verpuffung nichts zu bemerken. Auch FESCA und IMAI konnten bei den 7 von ihnen untersuchten Japanischen Tabaken keine Salpetersäure auffinden.

Die Aschenanalyse ergab günstige Zahlen, wie auch die Analysen von drei Deli-Tabaken, die mir von Herrn CREMER mitgeteilt und schon vor 1880 gemacht sind (bezeichnet K., Medan, Mariendaal).

Die Asche hat eine Zusammensetzung, die zu den sehr guten gehört.

Die Zahlen für das Verhältnis zwischen Kaliumkarbonat oder Kali im Ganzen und Chlorur plus Sulfat sind günstig, wenn auch nicht die höchsten, die bei guten Tabaken vorkommen. Der Gehalt an Chlor und der an Schwefelsäure sind nicht zu hoch.[2])

Merkwürdig ist es, dass der Mariendaaltabak der Ernte 1888 denselben Gehalt aufweist an:

| | Auf 100° getrocknet. 1888 | 1878 |
|---|---|---|
| Phosphorsäure . . . . | 0.48 | 0.48 |
| Chlor . . . . . . . . | 0.72 | 0.74 |
| Schwefelsäure . . . . | 0.73 | 0.72 |
| Eisenoxyd . . . . . | 0.16 | 0.16 |
| Kieselsäure und unlöslich | 0.38 | 0.23 |

wie derselbe von 1878. Dahingegen ist die Menge Kali in 1888 geringer, die Menge Kalk und Magnesia grösser, als in 1878.

| | Ernte 1888 | | Ernte 1878 | |
|---|---|---|---|---|
| | % | Aeq. | % | Aeq. |
| $K_2O$ | 4.4 | 9.4 | 5.06 | 10.7 |
| $Na_2O$ | Spur? | — | Spur? | — |
| CaO | 6.08 | 21.7 | 4.90 | 17.5 |
| MgO | 2.01 | 10.0 | 1.08 | 5.4 |
| Summe | | 41.1 | | 33.6 |

[1]) FESCA und IMAI, deren Nikotinbestimmungen nach KISSLING'SCHER Methode gemacht sind, fanden in japanischen Tabaken von 4—2.6 pCt. Nikotin.

[2]) Siehe über diese Verhältnisse die folgende Abhandlung.

Es erscheint also, als ob Kalk und Magnesia das Kali teilweise ersetzen können. Viele vergleichende Untersuchungen bei einem Gewächs auf demselben Boden in verschiedenen Jahren werden nötig sein, um zu untersuchen, ob diese Ersetzung mit der Reife des Blattes unter verschiedenen Umständen (von grösserer Trockenheit oder Feuchtigkeit in der Reifeperiode) in Zusammenhang steht.

c. Malang-Tabak (Java, Residenz Pasoeroean).

Sechs Muster aus Malang[1]), auf dem vulkanischen Boden kultiviert, von welchem in einer früheren Abhandlung die Analyse mitgeteilt ist,[2]) wurden eingeäschert. Die Blätter, von den Ernten 1872, 1874 und 1875, waren alle sehr sämisch und sehr gut brennbar, und zeigten keine Stellen, die durch einen Salpetergehalt verpufften. Eine Asche wurde vollständig analysiert. Sie haben alle einen hohen Gehalt an Kali und an Alkalinität; die Verhältniszahlen zwischen Chlorur und Sulphat und Alkali etc. sind sehr günstig.

Die Reinasche (ohne Kohlensäure und Kieselsäure) betrug, wie bei dem Delitabak, 14,0 %, und mit der berechneten Kohlensäure 20,9 %.

d. Nikot-Tabak aus Rembang. (Java.)

Von 1844—1866 war auf dieser Tabaksunternehmung guter Tabak gezogen Seit 1869 wurde die Qualität (nicht die Quantität) eine geringere, und konnte ein lohnender Preis nicht mehr erzielt werden. Die Blätter waren nicht mehr sämisch, von schlechter Farbe, und schlecht brennbar. Die Analyse des alluvialen Bodens ist in einer vorigen Abhandlung mitgeteilt.[3]) Die Asche von 8 Mustern wurde analysiert:[4])

Drei gezogen aus Malangsamen.
Zwei gezogen aus Manillasamen.
Drei gezogen aus gewöhnlichen Javasamen.

Mit Ausnahme von einer, die etwas besser war, brannten alle Proben schlecht. Dementsprechend war die Alkalinität des

[1]) Die Analysen der Aschen kommen vor auf Tafel II der folgenden Abhandlung.
[2]) Seite 270 u. 271.
[3]) Seite 275.
[4]) Die Analysen siehe auf Tafel III der folgenden Abhandlung.

wässerigen Auszugs (Alkalikarbonat) gering oder sehr gering, wie auch der Kaligehalt; dagegen der Chlor und Schwefelsäure-Gehalt hoch. Die oben genannten Verhältnisse stellen sich alle ungünstig. Diese Blätter bilden ein bezeichnendes Beispiel einer schlechten Qualität, und einer damit im Einklang stehenden Zusammensetzung der Asche.

Es hat sich bestätigt, dass die wertvollen sämischen und gut brennenden Tabaksblätter aus Deli und aus Malang inbezug auf die mineralischen Bestandteile eine Zusammensetzung besitzen, die mit den besten Tabaken überein kommt; dass dagegen der nicht sämische, schlecht brennende Nikot-Tabak eine sehr ungünstige Zusammensetzung aufweist.

---

## II.

## Die Tabakskultur in Deli.

Zur Beurteilung der Bedeutung der verschiedenen Umstände, Einflüsse, Bedingungen etc. die bei der Tabakskultur in Deli zur Hervorbringung der so günstigen Resultate mitwirken, scheint es mir wünschenswert, das Wichtigste der Kulturmethoden und der allgemeinen Verhältnisse mitzuteilen.

Inbetracht kommt erstens, dass ein mit Wald bewachsener Urboden benutzt wird. Die Eingeborenen auf Sumatra suchen sich nach altem Brauch kleinere Stellen von der besten Beschaffenheit aus, fällen die Bäume, und haben dann einen Boden, der locker genug ist, dass jede Bearbeitung, Pflügen etc. unterlassen werden kann. Sie rotten selbst die Stümpfe nicht aus und anerden nicht.

In den grossen Tabaksunternehmungen müssen natürlich grosse Flächen, die nicht so genau ausgewählt werden können, bepflanzt werden. Da kann die Bearbeitung des Bodens nicht unterlassen werden.

Im Januar fängt die Arbeit an. Der Wald wird gefällt, die Stämme und Zweige werden verbrannt. Der Boden wird $^{3}/_{4}$ engl. Fuss umgegraben mit dem Tjankol. Die kleineren Stümpfe und die Wurzeln werden ausgerottet und verbrannt, und der Boden noch einmal mit dem Tjankol bearbeitet (das feintjankollen). Für Abwässerung wird Sorge getragen. Kein

Wasser darf stehen bleiben, keine Lache sich bilden — denn, wenn die Sonne auf diese Stellen brennt, sterben die Pflanzen.

In den Küstengegenden von Deli, wo der Wasserstand ziemlich hoch ist, und die Felder in dem nassen Mousson bisweilen überschwemmt werden, drainirt man diese mit offenen Gräben von 3—6 Fuss Tiefe.

Im Februar werden die Saatbeete angelegt, und nach 40 Tagen der Bibit ausgepflanzt. Die Pflanzweite beträgt 0.60 m in der Reihe, 0.9 m zwischen zwei Reihen, so dass jede Pflanze 54 □dm Raum entspricht. Auf Java werden wohl 18000 Pflanzen auf 1 Bouw [1]) gezogen.

Die Felder sind ungefähr $^3/_4$ Bouw = $^1/_2$ Hektar gross, tragen also 9000 Pflanzen, gewöhnlich etwa 10000. Regen ist dabei erwünscht. In den ersten Tagen werden die Pflänzchen durch schiefgestellte Brettchen gegen die Sonne geschützt. Später hat das Anerden zweimal statt. Während der Monate April, Mai, und Anfang Juni ist die beste Witterung, wenn es dann und wann regnet. In dem trockenen Mousson ist die Witterung nicht fortwährend trocken. Nach 20 Tagen trockenen Wetters ist ein Regen erwünscht. Vierzig Tage Trockenheit würden schon gefährlich, und starkes Anerden dann geraten sein, damit die Luft mehr Feuchtigkeit darauf niederschlägt. Auf den höher gelegenen Gründen würde eine Trocknis von 40 Tagen sehr nachteilig sein und Regenfälle die Pflanzen nicht mehr aufkommen lassen. Ein wechselndes Wetter ist am günstigsten.

Da das Pflanzen des Bibit eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt, und die Pflanzen auf einem Felde also nicht das gleiche Alter besitzen, wird immer ein Teil davon den Regenfall, der früher oder später stattfinden kann, in derjenigen Periode seiner Entwickelung bekommen, welche derselben am vorteilhaftesten ist. [2]) Die kurzen Regenfälle in der Wachstumsperiode des Ta-

---

[1]) Leider wird in Deli noch englisches Mass gebraucht. Ein Feld hat eine Breite von 10 Fathoms, eine Länge von 150 Fathoms, also 1500 Quadrat-Fathoms = 5017 Quadratm. Ein javanischer Bouw ist = 7096 Quadratm.

[2]) Da ein Arbeiter (Koelie) in Deli einen Bouw (= 0.7096 ha) mit 9—12000 Pflanzen besetzt, ist er damit ungefähr $1^1/_2$ Monat beschäftigt, zwischen dem Anfange März bis Ende Juni. Pflanzt ein Koelie zu schnell, dann wird er davon zurückgehalten. Für Java, wo die Regenverhältnisse nicht so günstig sind, wie in Deli, giebt Herr v. Alphen den dringenden Rat, die Bepflanzung jedes Feldes über drei Monate zu verteilen.

bakes werden in Deli daher auch als so wichtig betrachtet, dass davon auf vielen Unternehmungen fortwährende Aufzeichnungen gemacht werden.

Das Köpfen geschieht in Deli nach 30 Tagen; es werden den Pflanzen auf sehr gutem Boden 22 Blätter, auf weniger gutem Boden 14 Blätter gelassen. Wenn die Pflanze durch zu trockenes Wetter in ihrem Wachstum zurückgeblieben ist, muss sie noch niedriger geköpft oder ausgerissen und durch eine neue ersetzt werden. Raupen, Würmer und Heuschrecken werden nachgesucht und getötet. Das Geizen wird täglich mit Sorgfalt betrieben, namentlich bei fruchtbarem feuchtem Wetter; denn die Geize (Toenas) wachsen dann 5 bis 10 cm täglich, und entziehen den Blättern die Säfte. Werden die nicht weggenommen, dann wird man auf dem Felde ihren schädlichen Einfluss an den Blättern noch nicht bemerken; aber in der Trocken- und Fermentier-Scheune wird das sogenannte Fehlen an „Gehalt" zu Tage kommen. Die Pflanzer schreiben dann oft dem Boden zu, was nur Folge ihrer Nachlässigkeit ist.

Nach 60 Tagen sind in Deli die Blätter schon reif.[1]) Die Pflanzen besitzen dann eine Höhe von $1\frac{1}{2}$—2 m. Für das Sortieren der Blätter fehlen in Deli die Arbeitskräfte. Die reifen Blätter zeigen sich an ihrer Oberfläche gebuckelt, mit kleinen gelben Flecken. Die feinsten Deliblätter haben sehr dünne Nerven, und ein sehr feines und glänzendes Äusseres.

Im Juli und August findet die Ernte (der ganzen Pflanze) statt. Wenn der Regenmousson einfällt, muss der Tabak schon oder wenigstens grösstenteils geerntet sein. Beim Ernten sind Regenfälle nicht ungewünscht, wenn nur die Blätter bei trockenem Wetter eingebracht werden; sonst werden sie gespickelt (gefleckt), und fallen die untersten Blätter ab.

Auf das Trocknen und Fermentieren wird grosse Sorge verwandt. Die Trockenscheunen haben Wände mit Klappen, und in sehr feuchtem Wetter werden kleine Feuer auf dem Scheunenboden entzündet. Reife Blätter sind nach drei Wochen trocken. Das Trocknen findet am besten im Dunkeln statt, weil sonst die Farbe des Tabaks zu rot wird. Die Übergänge der Farbe von grün zu gelb und schliesslich zu braun, müssen gleich-

[1]) Nur in den höheren Gegenden, wo die Temperatur niedriger ist, und da, wo der Boden nicht so locker ist, kann diese Zeit bis 90 Tage betragen.

mässig stattfinden. Für die Fermentation werden Haufen gemacht, die nach wenigen Tagen umgestapelt werden.[1]) Die Temperatur der sich darin entwickelnden Wärme darf 65° C. betragen, ohne Fäulnis und Verderben zu verursachen.[2]) Diese Haufen stehen einen Monat oder etwas länger. Der ganze Fermentierprozess dauert für den reifen Tabak 6—9 Monate, wenn aber der zuletzt geerntete Tabak viel beregnet worden ist, dann ist der Fermentierprozess natürlich schon in kürzerer Zeit, in 2—3 Monaten, abgelaufen.

Durch den guten Gang der Fermentation werden in den reifen Blättern die so erwünschten Eigenschaften, wie Weichheit, Elastizität, Glanz, bestimmte Farbe, erhalten. Geschieht sie zu rasch, dann werden die Blätter faul oder schwarz verbrannt; bei zu langsamer Fermentation dagegen werden dieselben hart, glanzlos und schlechter brennbar.

Die Blätter in den Büscheln fermentierter Tabake werden in 16 Sorten sortiert — dunkel, braun, fahl, gelb, grob gespickelt, u. s. w. und dann wieder zusammengebunden zu Büscheln von 35—40 Blättern.

Die Ernten betragen gewöhnlich von 400 Feldern 2500 bis 3000 Pikols. (1 Pikol = 125 Amsterdammer Pfunde = 61.76 Kilo); das macht also für die Hektare 12—15 Pikols = 750 bis 900 Kilo (in abgerundeten Zahlen.)

---

## III.

## Günstige und ungünstige Wetter-Verhältnisse bei der Tabakskultur in Deli und Java.

Was am meisten bei der Tabakskultur in Deli auffällt, ist:

1. Die Benutzung eines frischen Waldbodens.
2. Die günstigen Wetterverhältnisse.

Die Bedeutung des Waldbodens werde ich später ausführlicher beleuchten.

Was die Wetterverhältnisse anbetrifft, so lehren die Beobachtungen und Erfahrungen, dass diese einen der wichtigsten Faktoren mitbilden.

[1]) Die ersten Stapel sind 2 Fuss breit, 3 Fuss hoch. Die zweiten 10—8—8 Fuss.

[2]) Maximum-Thermometer werden fleissig benutzt.

Die Küstenstrecke von Deli liegt zwischen der hohen Bergkette in der Mitte Sumatra's und dem Meere; dieses Meer wird nördlich abgeschlossen durch die Bergkette der Halbinsel Malacca. Dabei ist die Bergkette auf Sumatra mit dichten Wäldern bedeckt. Ist es nicht wahrscheinlich, dass diese Lage sehr vorteilhaft ist für einen reichen Regenfall ohne lange Zwischenräume?

Nach den Beobachtungen vom Mai 1874 bis Ende 1888[1]) betrug:

| | der Regenfall | die Zahl der Regentage |
|---|---|---|
| im Minimum . . . | 1800 mm | 131 Tage |
| „ Maximum . . | 2300 „ | 204 „ |
| „ Mittel . . . . | 2140 mm | 172 Tage. |

Die Menge Regen und die Zahl der Regentage ist wohl in den Monaten August, September, Oktober, November, Dezember grösser, aber der Regen fehlt nicht in den Monaten März, April, Mai, Juni, die Wachszeit der Tabakspflanze.

Die Regenfälle bleiben nie lange aus, wie sich aus der folgenden Tabelle ergiebt:

**mm Regen**

| | in den Monaten der Wachszeit der Tabakspflanze: | | | | im Regenmousson: | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | März | April | Mai | Juni | Oktbr. | Novbr. | Dezbr. |
| Minimum | 30 | 50 | 80 | 70 | 180 | 100 | 110 |
| Maximum | 330 | 250 | 380 | 270 | 580 | 370 | 370 |
| im Mittel | 105 | 138 | 200 | 117 | 260 | 265 | 225 |

**Tage:**

| | März | April | Mai | Juni | Juli | Oktbr. | Novbr. | Dezbr. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Minimum | 5 | 7 | 6 | 5 | 5 | 9 | 15 | 15 |
| Maximum | 18 | 19 | 21 | 20 | 20 | 24 | 23 | 22 |
| im Mittel | 10 | $11^3$ | 14 | $11^7$ | $12^8$ | 20 | 19 | $17^2$ |

[1]) Die älteste Deli-Gesellschaft hat eine Karte drucken lassen, welche die Kurven der monatlichen Regenmengen und der monatlichen Regentage angiebt von 1874—1888, also über einen Zeitverlauf von 15 Jahren. In Medan befindet sich eine der neun magnetischen und meteorologischen Stationen, welche in den Niederländischen Indischen Kolonien unter der Leitung der Hauptstation zu Batavia stehen (Direktor Dr. J. P. van der Stok). Auch auf den Tabaksunternehmungen zu Timbang Langkat, Tandem, Tandem Hilir, Medan Poetie, Gedong Djohor, Bekalla, Belidan, Lima Poeloe finden die Regen-Beobachtungen regelmässig statt und werden aufgenommen in den jährlich von der Indischen Regierung publizierten „Regenwaarnemingen in Nederlandsch Indie, door Dr. J. P. van der Stok".

Auf der Insel Java besteht die Tabakskultur schon viel längere Zeit, als in Deli. Haben die Unternehmungen früher grossen Gewinn eingebracht, so sind viele in den letzten Jahren herabgegangen und aufgegeben, weil das Produkt sich verschlechterte. So in der Residenz Rembang. (Siehe die Analyse der Blätter Seite 421 und des Bodens Seite 275.) Dagegen wird z. B. in der Landschaft Malang—Residenz Pasoeroean auf dem vulkanischen Boden noch vorzüglicher Tabak gezogen. (Siehe die Analysen Seite 419 und Seite 270—271.)

In der ersten Stelle muss hervorgehoben werden, dass die Wetterverhältnisse auf Java im Allgemeinen jetzt nicht so günstig sind, wie in Deli. Es kommen trockene und nasse Jahre vor.[1]) Das trockene Wetter kann auf Java 40—70 Tage und länger anhalten. Es kommt jedoch vor, dass, wenn die Regenfälle den 70. Tag einfallen, noch eine gute Ernte erhalten wird. Ich halte aber für wahrscheinlich, dass solches nur auf feuchter gelegenen Böden möglich ist. Trockne Jahre sind am nachteiligsten, um so mehr, weil man, den Regen abwartend, das Gewächs zu lange auf dem Felde stehen lässt. Die Blätter werden dann zu dick und zu schwer; es fehlt ihnen später die Sämischkeit und die gute Brennbarkeit. Auch sollen sie dann zu viel Nicotin enthalten. Zu nasse Jahre sind ebenfalls schädlich, aber doch weniger, als die trockenen. Die Blätter werden dann schimmelig und schwächlich, dem durch gute Scheunen und vorsichtiges Trocknen in gewissen Grenzen noch abgeholfen werden kann.

In einem gewissen Stadium der Entwickelung, das je nach dem Wetter und Feuchtigkeitsgehalt des Bodens nach 40 bis 70 Tagen eintritt, haben die Regenfälle den grössten Einfluss und bringen in wenigen Wochen die Reife der Blätter im Sinne der Tabakspflanzer hervor. Nach 5 Tagen wird schon eine starke Entwickelung der Blätter beobachtet, und hält noch einige Tage an; die Oben- und Mittelblätter werden grösser.

---

[1]) Nach den Angaben des tüchtigen Kulturkenners Herrn R. M. C. van Alphen in seiner Abhandlung: Wenken voor tabaksplanters in de Vorstenlanden ist das Jahr auf Java:

sehr trocken, wenn die Regenfälle ausbleiben bis November,
trocken, „ „ „ „ „ Oktober,
nass, „ schon im Juli, August, September schwere Regenfälle statthaben.

Sie bekommen jetzt die Zusammensetzung, wodurch sie nach dem Trocknen gleichmässig, fest, tief von Farbe, sämisch und brennbar werden. Hält der Regen noch ab und zu an, so entwickeln sich die Blätter nicht weiter. Die Reife ist schon eingetreten; längere Regenfälle verderben sie. Längere Trockne[1]) dagegen macht die Blätter dürre, und es wird ihnen später die nötige Elasticität fehlen. Nach 90 bis 100 Tagen (in Deli nur 60 Tagen, s. S. 381) nachdem die Regenfälle früher oder später einfallen, müssen die Blätter gebrochen werden. Die eigentümliche Reife des Blattes giebt sich auch beim Trocknen in der Scheune kund. Nach Herrn v. ALPHEN ist das Blatt, das nicht zu viel und nicht zu wenig Regen gehabt hat, und also im besten Sinne des Wortes reif ist, in 4 bis 5 Wochen trocken; die Blätter welche zu viel Regen gehabt haben, sind schon nach 3 Wochen trocken; die Blätter, welche nicht reif geworden sind, trocknen nie gut aus: sie sind der Schimmelbildung sehr ausgesetzt.

Die Pflanzer auf Java sind also von der Witterung während der Monate April bis September in nicht geringem Masse abhängig[2]). Sie müssen auf die Statistik der trocknen und nassen Jahre genau Acht geben. Die Entwaldung, welche in der Mitte dieses Jahrhunderts durch den Tabaksbau und durch andere Kulturgewächse in vielen Residenzen von Java stattgefunden hat, hat begreiflich einen ungünstigen Einfluss auf die Regenverhältnisse und auf den Feuchtigkeitsgehalt des Bodens ausgeübt.

Durch gute Bearbeitung des Bodens, Anerdung, Kopfdüngung, etc. versucht man auf Java dem Boden, der schon oft Tabaksernten getragen hat, zu Hülfe zu kommen, jedoch das Hauptmoment bleibt die gute Witterung in der Periode der Blattentwicklung.

---

[1]) Wenn die Trockne zu lange anhält, sagt KOSUTANY, wird der Tabak (in Ungarn) zu klein und dickblättrig. Vielleicht verholzen die Blattzellen.

[2]) Zwischen 1862 und 1871 ist es z. B. in den Fürstenländern auf Java (Soerakarta und Djockjokarta) oft vorgekommen, dass die Regenfälle zu spät oder zu wenig kamen und dadurch keine gute Ernten erhalten wurden. Auf Java ist früher frischer Waldboden zur Tabakskultur benutzt worden, später hat man wiederholt auf demselben Boden Tabak erbaut, und da ist es vorgekommen, dass die Kultur allmählich missglückte und aufgegeben wurde, obschon zwar viel Tabak geerntet wurde, derselbe aber von schlechter Qualität war. Es erleidet keinen Zweifel, dass der Boden nicht mit genügender Sorge behandelt worden ist.

## IV.

## Die Entwickelung der Tabakspflanze.

Es scheint mir nicht überflüssig, eine Übersicht zusammen zu stellen von unseren Kenntnissen über die Entwickelung der Tabakspflanze, obgleich die Untersuchungen, welche, soweit mir bekannt, bis jetzt veröffentlicht sind, nur ein beschränktes Licht auf den eigentümlichen Stoffwechsel werfen, welcher für die Bildung eines Blattes von vorzüglicher Qualität notwendig ist.

Kosutany[1]) hat die normale Entwickelung der Pflanze verfolgt, also wenn sie nicht geköpft wird, sondern reife Samen erzeugt. Die grössere Entwickelung findet kurz vor und vorzugsweise in der Blütenperiode statt. In dieser Zeit (34 Tagen) wird hauptsächlich die grösste Menge Mineralbestandteile dem Boden entzogen, und in der Pflanze die Hauptmasse der Eiweissubstanzen und Kohlenhydrate gebildet, wie aus den folgenden Zahlen sich ergiebt.

| | | g Trockensubstanz | g Zunahme per Tag im Mittel | g Stickstoffgehalt | g Reinaschegehalt | g Kaligehalt | g Nikotingehalt |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zusammensetzung der Bibit auf 31. Mai | | 0.5436 | — | 0.01 | 0.05 | $0.02^{7}$ | Spur |
| 1. Periode von 21 Tagen | 31. Mai bis 21. Juni | 4.05 | $+0.16^{7}$ | 0.11 | $0.50^{5}$ | $0.15^{5}$ | „ |
| 2. Periode von 22 Tagen | 21. Juni bis 13. Juli | 32.18 | $+0.27^{9}$ | $1.13^{1}$ | $3.84^{7}$ | $1.05^{5}$ | $0.14^{5}$ |
| 3. Periode von 12 Tagen | 13. Juli bis 25. Juli | 61.50 | $+2.44^{3}$ | $1.82^{8}$ | $7.12^{7}$ | $1.46^{4}$ | $0.46^{8}$ |
| Blüte — 22 Tagen | 25. Juli bis 16. August | 235.4 | $+7.90$ | $5.52^{9}$ | $22.34^{6}$ | $6.17^{2}$ | $1.91^{7}$ |
| Reifen des Samen — 32 Tagen | 16. August bis 17. September | 205 | $-0.98$ | $4.71^{3}$ | $17.78^{4}$ | 5.90 | $0.36^{5}$ |

Die Zunahme von Kalk, Magnesia, Phosphorsäure, Chlor entspricht der Zunahme des Kali's.

Die Bildung der stikstofffreien Bestandteile ist verhältnismässig am grössten in der Blütenperiode; die der Eiweissubstanzen ist verhältnismässig schon vor der Blüte bedeutend. Nach der Blüte in der letzten Periode wird wenig oder keine

[1]) Chemisch phys. Unters. der Tabaksorten Ungarns. Budapest 1882, Tabellen V, VI, VIa, VIb.

neue Substanz mehr gebildet, und wandern die Eiweissubstanzen mit der Phosphorsäure und dem Kali nach der Frucht hin, wobei der Nicotingehalt stark abnimmt. Das stimmt alles, wie KOSUTANY schon bemerkt, mit dem bekannten Entwickelungsgang der fruchttragenden Pflanzen; es ist jedoch wichtig, aus diesen Beobachtungen abzuleiten, dass wenn die Tabakspflanze geköpft wird, und in den 30—50 folgenden Tagen die grösste Entwickelung der Blätter stattfindet, dass sie dann dem Boden die grösste Menge ihrer Mineralbestandteile, und also auch des Kali, entziehen muss. In Deli, wo diese Zeit nur dreissig Tage dauert, muss also ein sehr rascher Stoffwechsel stattfinden, und der Boden ausserordentliches leisten.

Die Tabakspflanze in Deli hat eine Pfahlwurzel von 2—3 Fuss; jedoch die Hauptwurzeln gehen nicht tiefer, als 1 Fuss; die feinen Haarwurzeln 2 Fuss und darüber, wenn das Grundwasser nicht zu hoch ist. Am oberen Teile befinden sich die meisten Haarwurzeln. Darum muss auch der Boden am liebsten 2—3 Fuss gelockert werden, damit Trockenheit nicht schädlich einwirkt.

Sehr wichtig ist dabei KOSUTANY's Beobachtung, dass in der Blüteperiode nicht alle Salpetersäure in der Pflanze zur Bildung von Eiweissstoffen und ihren Abkömmlingen verbraucht wird.

| | Ende der 1. Periode | Ende der 2. Periode | Ende der 3. Periode | Ende der Blüte | Reifen des Samen |
|---|---|---|---|---|---|
| g Salpeter in einer Pflanze | 0.007[7] | ? | 0.09[8] | 0.71[1] | 0.23[4] |
| Salpeter % | — | — | — | 0.15[9] | 0.30[2] |

Es kann also mehr Nitrat in die Pflanze aufgenommen werden, als für die gebildeten stickstoffhaltigen Substanzen nötig ist. Nun ist der Salpeter für die gute Brennbarkeit des Blattes nachteilig. (Siehe oben Seite 376.) Es kann also zu viel Nitrat in dieser Periode aufgenommen werden. Düngung mit Nitrat kann unter Umständen schädlich sein.

So weit mir bekannt, ist die Entwickelung der geköpften und gegeizten Tabakspflanze in den verschiedenen Perioden noch nicht näher verfolgt worden, und kann also mit derjenigen der normalen Pflanze noch nicht verglichen werden. Doch ist

es gewiss, dass die Geize, die so schnell wachsen, viel Eiweisssubstanzen aus den Blättern zu sich ziehen, und dass dadurch auch die Nicotinbildung sich sehr verringert. Durch das Fortnehmen der Geize (das sogenannte Geizen) wird also die Bildung des Nicotins in den Blättern aus den Eiweisssubstanzen gefördert.[1])

Beim vollreifen Blatte hat die Menge Nicotin bedeutend zugenommen.

In der Periode nach dem Köpfen und während die Geize abgeschnitten werden, muss die grosse Bildung von Eiweisssubstanzen und ihren Abkömmlingen, von Kohlenhydrate, von organischen Säuren etc. stattfinden. In dem letzten Teile dieser Periode, wenn die Blätter ihre Reife bekommen, ist es möglich dass wenig Eiweissstoffe, aber noch viel Kohlenhydrate gebildet werden. Nach Müller-Thurgau[2]) füllen sich die Chlorophyllkörner und Stärke um so mehr je reifer das Blatt wird[3]), und ist in den gelben Stellen des reifen Blattes (s. oben S. 385) die Masse der Chlorophyllkörner schliesslich fast ganz verdrängt. Bei höherem Reifezustande kommt es häufig vor, dass die Chlorophyllkörner platzen und der Innenraum der Zellen mit Stärkekörnern erfüllt ist. Die Entfärbung, welche die Reife anzeigt, sollte also nach Müller-Thurgau durch diese Verdrängung der Chlorophyllkörner veranlasst werden. Das Geizen hat eben den Zweck, diese Organe, sonst die Verbrauchsstätte der Stärke, zu entfernen, so dass diese sich im Blatte anhäufen kann.[4])

Für die Produktion einer ausgezeichneten Qualität, sämisch, von guter Farbe, von feinen Nerven, gut brennbar, muss das Blatt in einer kurzen Zeit volle Reife erhalten. Dazu ge-

---

[1]) Die leichten Tabaksorten Ungarns, welche wenig Nikotin enthalten und darum nicht gesaust werden, werden von nicht gegeizten Pflanzen gezogen. — Oft wird auch die Blütenrispe nicht fortgenommen (Kosutany).

[2]) Landw. Jahrb. (1885) XIV S. 485.

[3]) Nach seiner Methode der Stärkebestimmung findet Müller-Thurgau im ganz reifen Blatte 42.6 pCt. Stärke (auf Trockensubstanz). Diese Menge variiert mit der Tageszeit (Tags und Nachts), bedingt durch den Wechsel des Athmungsprozesses.

[4]) Die Bildungen von organischen Säuren: Oxalsäure, Zitronensäure, Äpfelsäure pp. haben wahrscheinlich einen bestimmenden Einfluss auf den feinen Geruch des Tabaks bei der Verbrennung; jedoch welche Einflüsse günstig sind für ihre Bildung, ist wohl noch unbekannt.

hört auch, dass ein gutes Verhältnis zwischen den Eiweisssubstanzen und den stickstofffreien Substanzen (Stärke, organische Säuren u. s. w.) erreicht wird, und genügend Kali und Kalk im Blatte angehäuft ist, nicht als anorganisches Salz (Chlorur, Sulphat, Nitrat), sondern als organisches Salz. Da diese Verhältnisse bei der Tabakskultur sich sehr ungleich entwickeln, ist es klar, dass die Ursachen dieser Verschiedenheit hauptsächlich im Klima[1]) und im Boden zu suchen sind, wenn die Behandlung im Allgemeinen: das Köpfen, das Geizen, und das Trocknen und Fermentieren auf dieselbe taugliche, zweckentsprechende Weise ausgeführt werden.

Obgleich die Kenntnis der Bedingungen, welche bei der Reife des Blattes ein gutes Verhältnis zwischen dem Gehalte an Eiweisssubstanzen, stickstofffreien Substanzen und Mineralbestandteilen hervorbringen, bis jetzt noch sehr mangelhaft ist, so können doch einzelne wertvolle Beobachtungen erwähnt werden.

Reichliche Feuchtigkeit des Bodens, durch zeitigen Regen hervorgebracht, ist um so notwendiger, als dadurch die Reife schneller erhalten wird; zu viel Wasser im Boden ist schädlich. Die starke Verdampfung durch die Blätter muss ersetzt werden, und eine grosse Menge mineralischer Bestandteile muss in kurzer Zeit in die Wurzeln aufgenommen werden. Der Boden muss verhältnismässig reich sein an Phosphorsäure und an leicht löslichen alkalischen Basen. Die alkalischen Basen müssen in dessen Humat und colloïdalem Silikat gebunden sein und also nur zum kleinen Teil als Chlorure und Sulphate vorkommen. Zu viel Nitrat ist schädlich.

Schädlich ist ein sehr stickstoffreicher Dünger; er giebt einen starken aber schwer verbrennlichen Tabak. Schädlich können Chlorure und Sulfate sein. Die Chlorure (der alkalischen Basen) mögen die Ernte vermehren[2]), sie schädigen

[1]) Wärme, Regen pp. in der Periode des Reifens. Für die grosse Bedeutung der zeitigen Regenfälle verweise ich noch auf die Beobachtungen von Nessler. Der Tabak aus vier Dörfern in der Pfalz war in 1864 sehr schlecht; die Asche hatte eine geringe Alkalinität. 1866 war der Tabak gut, brauchbar für Deckblatt, und die Asche zeigte eine grosse Alkalinität. Im Jahre 1864 war die Witterung trocken in der Periode des grössten Wachstums, 1866 dagegen fiel der Regen in genügenden Mengen. (Nessler, der Tabak, seine Bestandt. und seine Behandl. S. 99.)

[2]) Nessler giebt davon ein Beispiel.

Ein Morgen Tabaksland ergab 5082 Pfd. Tabak, mit Chlorure gedüngt 7840 Pfd., aber schlecht brennbar.

aber der Qualität erstens (wie auch Müller-Thurgau bemerkt) unmittelbar — insofern zu viel Chlorur die Brennbarkeit verringert —, zweitens indem sie die Stärkebildung in den Blättern in der Reifungsperiode vermindern.[1])

Der Einfluss des Trocknens und Fermentierens auf die Qualität des Blattes ist sehr gross. Es treten dabei Umsetzungen der Eiweisssubstanzen und Kohlenhydrate auf, die in einem gewissen Zusammenhange stehen. Der energische Verlauf der ersten Umsetzungsvorgänge wirkt hervorragend auf Farbe, Konsistenz und die übrigen Eigenschaften des Tabaks ein.[2]) Von ihrer Vollständigkeit hängt die Tauglichkeit und Brennbarkeit des Blattes ab. Dazu ist es aber notwendig, dass die Blätter auf dem Felde gut gereift sind. Sonst könnte ja jeder Tabak in der Scheune tauglich gemacht werden. Es liegt aber ausserhalb meines Zweckes, auf diese Zersetzungen weiter einzugehen.[3]) Ich beschränke mich darum auf die Hervorbringung des gut gereiften Tabaksblattes auf dem Felde.

Die Auswahl eines guten Samens um davon den Bibit zu ziehen, ist geraten, jedoch nach einigen Beobachtern von untergeordneter Bedeutung. In schlechtem Boden degenerieren die von guten Pflanzen gezogenen Samen bald, und liefern ein dem auf diesen Boden heimischen ähnliches Produkt. (Kosutany, von Radiczky).[4])

In Deli benutzte man früher gute Java-Samen. Oft werden auf den niedrig gelegenen Ländern Samen von den höher gelegenen Boden (die rot-braune Erde, siehe oben Seite 258) zur Bibitkultur gebraucht.

---

[1]) Kosutany teilt mit, dass in einem Boden — wie in den tiefst gelegenen Teilen Süd-Ungarns (die Theissebene) —, der nur eine Spur Chlor enthält, Chlorure aus dem Untergrunde bei Überschwemmungen im Frühjahre aufgenommen werden können, und dass dadurch ein schlecht brennbarer Tabak entstehen kann.

[2]) Siehe Müller-Thurgau's Untersuchungen über diese Umsetzungen in der oben zitierten Abhandlung.

[3]) Freilich kann durch Abänderungen in der Behandlung in der Scheune ein Tabak, der mit einer weniger guten Zusammensetzung vom Felde kommt, aufgebessert werden. Es werden sogar Mittel empfohlen, wie die Anwendung von Dampf, erweichen in Potasche-Lösung oder in einer schwachen Lösung von essigsaurem Kalk (s. Kosutany), um schlecht brennbare Blätter zu verbessern.

[4]) Wiener Landwirtschaftl. Zeitung 1884 No. 78.

Wie dem auch sei, gut entwickelte und reife Samen werden von der in Deli so kräftig wachsenden Tabakspflanze benutzt. In Rembang, auf der Unternehmung Nicot hat man versucht die verschlechterte Qualität des Tabaks durch Anwendung von Malang-Samen und von Manilla-Samen zu verbessern; jedoch ohne guten Erfolg. Unter den acht von mir untersuchten Tabaksmustern, 3 von Java-Samen gezogen, zwei von Manilla-Samen, 3 von Malang-Samen, war nur eins der letzten etwas besser, als die anderer. (Siehe Tabelle III und Seite 421). Alle Muster waren leicht brennbar, nicht elastisch und von schlechter Farbe.

---

V.

## Die Ursachen der Fruchtbarkeit des Bodens in Deli für Tabak.

Indem ich das Vorhergehende mit den Erfahrungen der Tabakskultur auf Deli und Java, und mit den Ergebnissen meiner Analysen in Zusammenhang bringe, so meine ich das Nachfolgende ableiten zu können inbetreff der Ursachen der grossen Fruchtbarkeit des Delibodens, und der geringeren Fruchtbarkeit einiger Java-Gründe zur Kultur von Tabaks-Deckblätter, und des Zurückganges dieser Fruchtbarkeit mit der Zeit.

Nach den besten Mitteilungen, die mir von sachkundigen Pflanzern aus Java und Sumatra auf meine Erkundigungen hin zugegangen sind, lehrt die Erfahrung, dass wertvoller Tabak bei günstigen klimatischen Verhältnissen (zeitige Regen etc.) von sehr verschiedenen Böden erhalten wird, wenn diese früher mit Wald bewachsen waren und also eine reiche und lockere Humusschicht in der Oberfläche besitzen, z. B. auf Java: vom vulkanischen Thone, wie in der Abteilung Malang (Pasoeroean) und bei Djember — vom schwarzen vulkanischen Sande wie in Bondo-Wosso — vom weissen vulkanischen Sande wie in Kediri und Blitar[1]), vom gewöhnlichen alluvialen Fluss-Thone wie in Rembang. Vulkanischer Thon wird allgemein für den besten Tabaksboden gehalten. Auf dem vulkanischen Sande geht die Qualität bald zurück.

---

[1]) Djember liegt am Fuss des Ajangs, Abteilung Bondowosso, Residenz Bezoeki — Bondowosso Hauptplatz der Abteilung gleichen Namens — Kediri Hauptplatz der Residenz Kediri — Blitar Hauptplatz der Abteilung Blitar in der Residenz Kediri.

Diese Erfahrungen auf Java und Sumatra stimmen mit Kosutany's und Fesca-Imai's Ansichten: „Alle Bodenarten", „schreibt der erstere, in welchen der Verwitterungsprozess rasch „vor sich geht, somit sandige, mergelige und kalkige Gründe, „können bei hinreichendem Zuschuss an Dünger mehrere Jahre „mit Vorteil zum Tabaksbau verwertet werden. Selbst der „leichteste Sandboden, und der lehmige Sandboden kann gleich- „falls mehrere gute Tabaksernten liefern. Aber, je mehr Thon „der Boden enthält, je kühler er ist, um desto mehr weicht das „Produkt von jenem der Gartenblätter ab. Ein humusreicher „Sand oder Mergelboden, der nicht versumpfen kann, „und nicht zu durchlassend ist, erzeugt die beste „Qualität". Von Japan sagen Fesca und Imai: „Stark humoser schotteriger Lehm ist der beste, der thonige Lehm der schlechteste. Durchlässigkeit und ein gewisser Humusgehalt des Bodens sind weit wichtiger, als der Nährstoffgehalt, welche durch Kopf-Düngung zu ergänzen ist."

Dass dieser Zustand des Bodens der günstigste ist, lässt sich mit der eigentümlichen Entwickelung der Kulturpflanze in Einklang bringen. Die Vegetationsdauer ist kurz, die Verdunstungsorgane sind ausserordentlich entwickelt, die Reifung des Blattes erheischt einen starken Stoffwechsel.[1])

Es ist die Ansicht der intelligenten Tabakspflanzer in Java und in Deli, dass der eigentümliche lockere Humus, welcher in dem Waldboden nach Ausrottung der Bäume zurückbleibt, eine Hauptbedingung für den ausserordentlichen Erfolg ist. In Deli kann beim Betreten dieses Bodens schon gefühlt werden, ob er elastisch und fein ist; mit einem Stabe kann man tief in denselben eindringen, und danach wird das Mass seiner Brauchbarkeit für den Tabaksbau beurteilt.

Der milde (nicht saure) Waldhumus und die Lockerheit vereinigen die physischen und chemischen Factoren, welche der Entwickelung der Pflanze am günstigsten sind. Diese machen das Gewächs gegenüber dem Einfluss des Wetters (Trockenheit und Nässe) weniger empfindlich, wenn im Übrigen für Drainirung

[1]) Kosutány weist auch auf das Wurzelsystem, das nach ihm „nicht tief in die Erde dringt, nicht von grosser Ausdehnung ist, und jeglichem noch so geringen Hindernis ausweicht; wodurch die Pflanze ungeschickt ist für zähen Lehm, und für losen Sand.

gesorgt ist. Darum erheischt die Kultur wenig Bearbeitung des Bodens. Dazu kommt, dass dieser frische Waldboden, so lange der Tabak darauf steht, angehäufelt und gejätet wird und wenig Unkräuter trägt. Alles dieses ist die Ursache, dass im ersten Jahre, oder in den ersten Jahren auf sehr verschiedenen Böden, Thon, Sand etc. ohne jeden Dünger der beste Deckblatt-Taback erhalten wird. Dieser Boden, unter den (oben beschriebenen) sehr günstigen Regenverhältnissen in Deli, ist am besten im Stande, in der verhältnismässig kurzen Periode der Blätter-Entwickelung und Reife die nötige Menge an Wasser und Nahrungsbestandteilen zuzuführen.

In Deli wird, wie schon oben mitgeteilt, der Tabak immer auf Waldboden kultivirt, nach Ausrottung des Waldes, mit Ausnahme von einzelnen Alang-Feldern. Die meisten Alangfelder in Deli sind nicht tauglich, besonders wenn der Alang dünn steht und stellenweise schwarze und rote Blätter zeigt.

Nur solche Waldböden werden tauglich geachtet, welche eine humusreiche Schicht von wenigstens 2 bis 4 dm haben. 1,5 dm ist wohl die äusserste Grenze; 6 dm ist sehr viel.

Die Analyse[1]) eines solchen Bodens zeigte jedoch nichts ungünstiges, doch gab derselbe eine schlechte Ernte. Der Humus war von schlechter Beschaffenheit; wo das Alangfeld in Wald überging, wurde ausgezeichneter Tabak erhalten. Dagegen war die Reisernte auf beiden Böden vortrefflich. Ein Moorboden in Deli, der sich in der Nähe eines Baches gebildet hatte, wurde drainiert und gab das erste Jahr prächtigen Tabak. Auf Morastboden, der sauren Humus enthält, werden wohl grosse Blätter, aber schlecht brennender Tabak geerntet. Dasselbe wird beobachtet in nassen Jahren, wenn die Wurzeln zu lange durch stagnirendes Wasser umgeben bleiben. Eine Pflanze die zwölf Stunden in Wasser steht ist verloren.

Es ist deutlich, dass eine chemische Analyse des Bodens — besonders wenn sie beschränkt wird auf eine Bestimmung der in verdünnter Salzsäure ausziehbaren Kali, Kalk, Phosphorsäure und eine Kohlenstoff- und Stickstoff-Bestimmung[2]) — unzulänglich ist um die eigentümliche Zusammensetzung und

[1]) Siehe oben Seite 375 über die Analysen, welche früher gemacht sind.

[1]) Seite 375.

Fruchtbarkeit zu erklären. Dessen ungeachtet lassen sich viele Ergebnisse der vollständigen Analyse der Delierden und der Malangerden mit deren Fruchtbarkeit in Zusammenhang bringen.

| | Deli A. pCt. | Deli B. pCt. | Gon-dang-Legie pCt. |
|---|---|---|---|
| 1. Ein hoher Gehalt an Humus und in Ammoniak löslichen Humaten. | 5.0 | 3.2 | 3.8 |
| 2. Ein hoher Gehalt an Stickstoff. | 0.3 | 0.2 | 0.18 |
| 3. Ein hoher Gehalt an Phosphorsäure, | 0.2 | 0.11[5] | 0.20 |
| 4. Ein guter Gehalt an Kali in verdünnter Säure löslich. | 0.16 | 0.06 | 0.1 |
| 5. Das Faktum, dass dieses Kali nicht an Salzsäure und Schwefelsaure, sondern an Humussubstanzen und im colloïdalen Silikat gebunden ist. | | | |
| 6. Ein grosser Gehalt an colloïdalem in Salzsäure löslichem Silikat, das viel Wasser gebunden hält, und das ein sehr basisches Aluminiumsilikat darstellt[1]) (1 bis 2 Mol. $SiO_2$ auf 1 Mol. $Al_2O_3$). | 74.— | 48.— | 59.— |
| 7. Eine physische Konstitution des Silikates der Art, dass die Erde nicht zu einer zu harten Thonmasse eintrocknet. Die Erde Deli I trocknet zu einer leicht verreibbaren Körnermasse ein. | | | |

Der Humus, die lockere physische Beschaffenheit, und die eigentümliche Zusammensetzung des Verwitterungssilikates sind unzweifelhaft sehr wichtige Momente für die Erhaltung des richtigen Feuchtigkeitsgehaltes, und für die Ernährung der Pflanzen durch die Wurzeln. Ihre Bedeutung für das *günstige* und *schnelle* Wachstum der Blätter (der geköpften und gegeizten Pflanze), wie es in Deli stattfindet, kann aber noch nicht näher erklärt werden. Die lockere Zusammensetzung, in welcher die Erde nach dem Ausrotten des Waldes zurückgelassen wird, ist durch die Analyse nicht festzustellen.

---

[1]) Alkalische Basen, stark gebundenes Wasser, und Eisenoxyd sind dabei gerechnet. Ohne Eisenoxyd sind die Zahlen:

67 % — 43 % — 51 %.

Merkwürdig ist es, dass diese Erden in ihrem Verwitterungs-Silikat verhältnismässig arm sind an Kali, im Vergleich mit dem der guten alluvialen Thone, selbst den leichteren Arten desselben.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Deli I | 0.36 % | Schwerer Meeres-Thon | (Dollard pp.) | 1.1 %. |
| Deli II | 0.23 „ | Leichter „ | Zuiderzee | 0.5 „ |
| Gondang Legie | 0.23 „ | Schwerer Fluss-Thon | (Rembang) | 0.6 „ |
| Sirka Anjar | 0.21 „ | | | |

Jedoch die Menge des in kalten verdünnten Säuren (Essigsäure) löslichen Kali's, wie auch des Kalk's und der Magnesia (die Karbonate abgerechnet) ist bei allen wenig verschieden, $\pm$ 0.1 % Kali.

Die obenbeschriebene Zusammensetzung des Bodens reicht allein noch nicht aus, um grosse Ernten eines ausgezeichneten Produkts — reife Blätter im Sinne des Tabakspflanzers — zu erhalten, wenn nicht das Klima in Deli so günstig wäre, was den Regenfall anbetrifft.

Der Regen bleibt nie länger, als 30 Tage, aus.[1]) Der Boden bekommt also zeitig genug Wasser für die Periode der Blätterreife, und es hat keine oder wenig Gefahr, dass derselbe zu trocken werde. In dieser Hinsicht sind die niedriger gelegenen Strecken des Landes in noch besserer Lage, als die höher gelegenen.

Die guten Tabaksböden in Deli haben jedoch nicht alle die Zusammensetzung der rotbraunen Erde, es sei denn, dass sie alle aus vulkanischem Material entstanden sind, und sie befinden sich nicht in derselben Lage. Wie die Vergleichung von Deli I (die rotbraune Erde) mit Deli II (die graue Erde) schon beweist, sind die oben angeführten Zahlen von I günstiger. Die graue Erde in den niedrigst gelegenen Strecken wird im nassen Mousson oft überschwemmt und muss darum gut drainiert werden.

Anfänglich wurde die rotbraune Erde für die beste gehalten, und bringt dieselbe auch den feinsten Tabak hervor; jedoch sie ist abhängiger vom Regenfall. Die Erde II, die als der Typus der besten grauen Varietät zu betrachten ist, ist am wenigsten empfindlich für die Wetterverhältnisse; sie ist plasti-

[1]) Der eigentliche Regen-Mousson ist davon zu unterscheiden. Dieser fängt gegen Oktober an, wenn die Ernte bereits eingebracht ist.

scher; sie hat von zu vielen Regen weniger Nachteil, weil sie mehr Wasser absorbieren kann; — vom trocknen Wetter weniger, weil sie mehr Feuchtigkeit zurückhält. Erden, die sowohl leichter, als schwerer, sind, als Deli II, stehen dieser darum etwas nach.

Auch Moorboden, wenn er sorgfältig drainiert ist, hât in Deli guten Tabak hervorgebracht.

Es ergiebt sich also aufs deutlichste, dass 1. der zeitweilige günstige physische Zustand — die Lockerheit — und der Humusgehalt 2. die genügende Feuchtigkeit in der kurzen Periode der Entwickelung der Pflanze und des Reifens der Blätter die Hauptbedingungen sind. Die Mineral-Bestandteile, die Stikstoffverbindungen werden unter diesen Umständen in genügender Menge der Pflanze zugeführt, sowohl aus der rotbraunen Erde, als aus den grauen Erdarten.

Dabei ist nicht zu vergessen, dass im frischen Waldboden die Unkräuter im ersten Jahre noch nicht stark wuchern, und also das Kulturgewächs wenig schädigen.

---

## VI.

## Zurückgang der Fruchtbarkeit des Bodens für Tabak in Deli und Java.

Es ist nun die Frage, wie lange sich dieser ganz ausgezeichnete Zustand dieses Bodens erhält.

Bis vor wenigen Jahren wurden in Deli die Felder in der Regel nur einmal mit Tabak bepflanzt. Im Anfang der Kultur (1871/73) hatte man in Deli dieselben Felder zum zweiten Mal mit Tabak bepflanzt. Der weniger sichere Erfolg war Ursache, dass man seitdem immer neue Strecken Wald ausrottete und stets auf Urboden den Tabak anbaute. Den einmal benutzten Feldern wurde 5 bis 6 Jahre Ruhe gelassen. In den niederen Gegenden, wo der Boden thonartig ist, wurden sie sehr sorgfältig bearbeitet, tiefer mit dem Spaten umgegraben und gut drainirt. Dessenungeachtet war die Ernte nur bei günstigem Wetter ziemlich gut. Qualität und Quantität waren oft geringer, als bei der ersten Ernte. Der Boden enthielt mehr Unkräuter und stand dem frischen Waldgrunde in Lockerheit nach.

In den höheren Gründen, wo die rote Erde liegt, waren die Erfolge einer zweiten Bepflanzung gewöhnlich besser; da wächst die Pflanze wieder schneller, als auf den niederen Alluvien. Jedoch selbst nach 7 oder 8 Jahren Brachliegen ist die Beschaffenheit des Bodens noch nicht der des frischen Waldbodens gleich. „Die zweite und folgende Tabaksernte", sagt Fritz Reuter, Administrator auf einer Unternehmung der ältesten Deligesellschaft, „kann auch nicht im Entferntesten den Vergleich aushalten mit ihrer Vorgängerin auf demselben aber mit Holz bewachsen gewesenen Boden; selbst wiederholtes und tieferes Tjankollen mit gleichzeitiger Anwendung von Guano vermag diesen Unterschied nicht völlig auszugleichen. Auf manchen Unternehmungen werden schon seit einigen Jahren sofort zwei Tabaksernten gewonnen, wenn der Wald herunter geschlagen ist; soweit mir bekannt geworden, war im zweiten Jahre der Ertrag schwankender und überwiegend geringer."

Versuche, im September, und auch noch einmal in Februar oder März, den einmal benutzten Boden mit der Hacke umzusetzen und auf diese Weise zu lockern, hatten keinen guten Erfolg, weil die Unkräuter eben dadurch stärker wucherten und den Vorteil der Lockerheit wieder vereitelten.[1]) Nach dem ersten Gewächs bedeckt sich der Boden mit einer üppigen Vegetation von Alang. Gewöhnlich wird dies geschnitten und verbrannt. Dieses Brennen des Alangs ist am nachteiligsten. Infolgedessen liegt der Boden unbeschattet, er wird hart und geschlossen. Der Humusboden wird, wie Fritz Reuter richtig bemerkt, ein gewöhnlicher Thonboden; sein Vermögen Wasser zu halten und zu absorbieren ist verringert. Durch Ruhe oder Brache bessert er sich nicht. Wenn nun auch die Wurzelstümpfe, die Überreste des einst so üppigen Urwaldes, welche noch Humus bilden, entfernt sind, und wenn der Alang wiederholt verbrannt ist, dann ist der Acker ganz verdorben.

---

[1]) Einmal wurde in Ladang versuchsweise auf die rote Erde Reis trocken (dass heisst: ohne die Unterwassersetzung die auf Sawah's gebräuchlich ist) zwischen zwei Tabakskulturen erbaut. Der Reis wurde in dem nassen Mousson Sept. — Okt. gesetzt und in Jan. — Febr. geerntet. Dadurch konnten die Unkräuter sich nicht entwickeln. Der Versuch gelang. Die zweite Tabskspflanzung gab eine gute Ernte; die Pflanzen wurden aber tiefer geköpft, als bei der ersten Kultur.

Die alte Irrlehre der Bodenmüdigkeit und Bodenerschöpfung kann jetzt nicht mehr zur Erklärung zu Hülfe gezogen werden. Die Erfahrung und die wissenschaftlichen Untersuchungen haben zur Genüge nachgewiesen, dass es nicht an einem einzelnen Moment — der absoluten Menge Kali oder Phosphorsäure — liegt, wenn ein Boden nicht wiederholt dasselbe Gewächs in der gleichen Qualität und Quantität hervorbringt. Der Deliboden und der Malangboden sind von vorn herein kaliarm; der Boden von Rembang enthält mehr Kali, und bringt doch keinen gut verbrennlichen Tabak mehr hervor. [1])

Die Klagen über den Zurückgang des Tabaksbaus in gewissen Gegenden von Java können mit obigen Erfahrungen in Zusammenhang gebracht werden. Zum Beispiel in den Assistent-Residenzen Toeban und Bodjonegoro der Residenz Rembang, in der Nähe des Solo und des Kenings, wurden im Anfang der vierziger Jahre Tabaksunternehmungen gestiftet. In diesen Jahren fanden grosse Entwaldungen statt. Auf dem Urboden wurde bis 1866 vorzüglicher Tabak kultiviert und für hohe Preise verkauft. Seitdem wurde die Qualität der Blätter schlechter (schlecht brennbar — nicht sämisch) und dieses nicht allein in trocknen Jahren. [2]) Die Kultur fand in diesen späteren Jahren

---

[1]) Pichard spricht sich über den Kaligehalt dahin aus, dass 2 bis 2,5 Gr. Kali in einem Kgr. Erde (also 0,2%) für die Tabakskultur genügt: Les scrupules de l'administration des Tabacs en France, relativement au choix des terrains propres à la culture du tabac à fumer, n'ont plus de raison d'être. Après les données d'expérience de cette culture dans le nouveau et l'ancien monde, après les travaux de M. Müntz, la nitrification est la condition première. Un terrain léger, sableux et calcaire est le meilleur." (Revue scientifique 10. Sept. 1887 page 332).

Die Behauptung von Pichard inbetreff der Nitrification geht zu weit.

Ich bringe hier auch die Mitteilung von Nessler in Erinnerung, dass bei Karlsruhe ein Boden, aus Löss und Dolerit gebildet, der zur Gartenerde geworden war (gedüngt wurde mit Stallmist, Asche, und Malzkeimen) 10 Jahre hinter einander ausgezeichneten Tabak getragen hat. Die Blätter enthielten in der Asche:

| | Auf 100 Teile Trockensubst. | Auf 100 Teile Asche |
|---|---|---|
| kohlensaures Kali | 1,6% | 5,3% |
| Kali im Ganzen | 1,5 | 5,1 |
| Chlor | 0,3 | 1,0 |
| Asche | 30 | |

[2]) Die Jahre 1870, 1874 waren nass. Die Jahre 1873, 1876, 1877 waren sehr trocken.

nicht mehr auf neuem Waldboden, sondern auf denselben Feldern in festen Zeiträumen wiederholt statt, dauernd 30 Jahre. Düngung und gute Bearbeitung wurden unterlassen, besonders nachdem die „Kontrakte“ erloschen waren. Jedoch sind diese Felder, insofern sie längs des Solo und des Kenings liegen, einer jährlichen Überschwemmung ausgesetzt. Dabei kam eine grössere Zahl trockner Jahre (von 1855—1877 fünf trockne und fünf sehr trockne Jahre). Die Entwaldung hat wahrscheinlich auf die Menge und die Regelmässigkeit der Regenfälle einen nachteiligen Einfluss ausgeübt.

Gewiss ist es, dass auf dem sonst fruchtbaren Thonboden, dessen Analyse oben (auf Seite 275) mitgeteilt ist, kein gut brennbarer Tabak mehr gewonnen wurde. Düngung mit Salpeter hat nichts geholfen.

Von Erschöpfung des Bodens kann keine Rede sein. Die Analyse von 5 Mustern hat gelehrt, dass dieser fette Thon mehr Kali enthält, als die Böden Deli's und Malang's, genügend Phosphorsäure, und noch dazu viel kohlensauren Kalk, dass aber der Humusgehalt geringer ist.

Die Ernten sind denn auch gross genug. Es ist die gute Qualität des Blattes, die fehlt. Also geben die bekannten Thatsachen allein Veranlassung zu der Annahme: dass der Boden die gute Zusammensetzung des Humus und die Lockerheit verloren hat, durch welche allein bei einem schnellen Wachstum und Reifen die richtige Zusammensetzung der Blätter erhalten wird, und dass wahrscheinlich auch das Klima sich verschlechtert hat.

---

## VII.

## Wiederherstellung der Fruchtbarkeit.

Bei der fortwährenden Ausbreitung der Kultur wird es allmählich bei vielen Unternehmungen auf Deli an neuen Böden mangeln, und diese genötigt werden, den einmal benutzten Acker wiederholt mit Tabak zu bepflanzen. Die Wiederherstellung des Bodens im ursprünglichen Zustande der Fruchtbarkeit kommt dann an die Reihe; für einige Unternehmungen ist dies schon eingetreten.

Es fragt sich nun: Muss dieselbe erlangt werden — die gute Bearbeitung selbstverständlich angenommen — durch Dünger oder durch neue Waldanlage?

## a. Die Düngerfrage.

Vorausgeschickt sei hier gleich, dass von einer vorhergehenden Düngung des Bodens keine Rede sein kann. Das befördert das Gedeihen der Unkräuter, so das diese den Kulturpflanzen noch mehr schaden. Der Dünger muss also im richtigen Augenblick zu der Pflanze gebracht werden, nämlich wenn sie eben anfängt aufzuwachsen; so dass sie in den 40—60—90 Tagen ihrer Entwickelung und Reifung davon Nutzen ziehen kann. Ist der Boden zu trocken, bleibt der Regen aus, dann nützt der Dünger auch nicht.

Welcher Dünger ist nun zu empfehlen? Es ist nicht genug, dass er das Wachstum befördert, er muss der Qualität des Blattes, der verlangten Sämischkeit, Farbe, Feinheit, Brennbarkeit nützlich, wenigstens nicht schädlich sein. Wenn der Boden an sich allein nicht mehr die gute Qualität des Blattes hervorzubringen vermag (wie z. B. in Rembang), dann verlangt man vom Dünger, dass er diese Wirkung hat. Übersieht und vergleicht man die Düngerversuche mit Tabak von Nessler[1]), Fesca[2]), von den Italienern Ricciardi, Cantoni, Rotondi[3]), von Jordan[4]), von Kosutany[5]), und Anderen, so stellt sich eine geringe Übereinstimmung in den Ergebnissen heraus, was den Nutzen der Kalisalze, des Salpeters, der Phosphate anbetrifft. Oft übt z. B. das $K_2SO_4$ keinen günstigen Einfluss auf den Kaligehalt in der Tabaksblattasche, oft wirkt es schädlich. Superphosphat ist oft nutzlos oder schädlich; der Chilisalpeter ebenso oft schädlich; dagegen Kalisalpeter mit halber Stallmistdüngung bei den Wageningen'schen Versuchen (1886, 1887)

---

1) Nessler. Der Tabak. Mannheim 1867. S. 53—74 und 75—86. Nessler: Düngungsversuche 1883. Landw. Vers.-St. XXIX S. 309—312. Centrbl. Agr. Ch. 1889 S. 488—494.

2) J. f. Landw. 1873 S. 263.

3) Centrbl. Agric. Ch. 1878 S. 830.

4) W. Jordan. Centrbl. Agr. Ch. 1885 S. 598.

5) Chem. Phys. Unters. der Tabaksorten Ungarns. Budapest 1882. S. 27 und 39.

vorteilhaft[1]). Dass Kochsalz, dass die Chlorure im Allgemeinen, also Stassfurter Salze, gefährlich sind, ist zur Genüge ausgemacht. Dass eine Düngung mit Chlorur und Sulfat von Kali für sich allein in einem Boden, der kein gutes Blatt mehr hervorbringt, die gute Brennbarkeit nicht wieder herstellen kann, ist sicher.

Delipflanzer haben wiederholt mitgeteilt[2]), dass sie von Kalidünger und Phosphatdünger keinen Erfolg beobachtet haben — wie sich im Übrigen vorhersagen liess. In den letzten Jahren wird aber in Deli der Guano in grosser Menge auf den schon einmal bepflanzten Äckern angewandt. Vierzehn Tage nach der Auspflanzung der Bibit wird um die jungen Pflanzen eine kreisförmige Rinne gemacht, Guano hinein gestreut und mit Wasser begossen[3]). Wenn dann der Feuchtigkeitszustand des Bodens günstig ist, wird ein kräftiger Wuchs der Pflanze beobachtet. Fraglich aber bleibt es, ob eine wiederholte Düngung mit Guano der Qualität nicht schädlich werden soll, ob das Blatt nicht zu dunkelfarbig, zu roh und zu stark nikotinhaltig wird (wie die Erfahrung in Cuba gelehrt hat).

Fragt man also, welcher Dünger spezifisch gut ist für Tabak, um die richtige Zusammensetzung der Blätter hervorzubringen, wenn der Boden dazu nicht im Stande ist, dann geben die bis jetzt veröffentlichen wissenschaftlichen Versuche keinen Aufschluss. Sie belehren uns vielmehr, dass auf diese Weise keine Auskunft zu erhalten ist, und man sie ruhig unterlassen kann. Die Faktoren der Lockerheit und der Feuchtigkeit des Bodens, der Durchlässigkeit des Untergrundes, und besonders der Witterung in der wichtigsten Periode, haben zu grossen Einfluss, um die Wirkung von verschiedenen Düngemitteln an und für sich mit einander vergleichen zu dürfen.

Oft wird der Rat gegeben, man sollte in Deli und auf Java auf den schon einmal oder mehrmals benutzten Äckern Düngerversuche machen; wenn aber die oben angeführten Versuche (Seite 400) sich schon als ziemlich wertlos herausgestellt

---

[1]) Vorläufige Mitteilung an die „Geldersche Maatschappy van Landbouw, Afdeeling Neder Veluwe" im Juni 1888.

[2]) So hat auch Herr H. C. VAN DEN HONERT, Kulturinspektor der ältesten Deligesellschaft, mir seine Erfahrungen darüber mitgeteilt.

[3]) Zwei Säcke Guano werden meistens auf ein Koeliefeld verwandt.

haben, wie werden dann die vergleichenden Versuche von nicht wissenschaftlich gebildeten Pflanzern etwas bedeuten können?

Ausgemacht scheint es mir, dass wenn Dünger angewandt wird, dieser nur als Kopfdünger der Pflanze im richtigen Moment ihrer Entwickelung beigebracht werden muss, und dass dann zeitiger Regen unentbehrlich ist, um den Dünger wirksam zu machen. Die nützlichen Mengen N, $P_2O_5$, $K_2O$, etc. müssen in kurzer Zeit aufgenommen und assimiliert werden. Welches aber die Zusammensetzung des Düngers sein muss, um, neben dem gegebenen Boden, die gute Qualität des Tabaks zu fördern, das kann jetzt noch nicht mit Sicherheit angegeben werden. Was wir wissen, ist grösstenteils negativ.

Stickstoff-Dünger vermag den kräftigen Wuchs zu fördern, doch eine einseitige N-Düngung kann schädlich sein. Zuviel Salpeter ist schädlich, wie Kosutany gezeigt hat; denn das Zuviel kann in der letzten Periode der Blätterreife nicht verarbeitet werden, und das Blatt wird durch den Salpetergehalt verschlechtert.

Kali ist nützlich: man ist geneigt dessen Wert für die gute Qualität des Blattes hoch zu schätzen. Aber in welcher Form muss es dargeboten werden? Nessler äusserte sich 1861: „Wenn wir noch gar fragen, in welchem Boden das Kali in der Form vorhanden ist, dass es in der Asche des Tabaks als kohlensaures Kali erscheinen wird, so müssen wir gestehen, dass uns bis jetzt alle Anhaltspunkte fehlen“. Jetzt wissen wir, dass es nicht Chlorur und Sulfat sein muss.[1]) Denn in diesem Falle müssen die Pflanzen in kurzer Zeit die Salzsäure wieder ausscheiden können, um organische Kaliverbindungen zu bilden — wie Adolf Mayer so verdienstvoll in seiner Abhandlung über die Wirkung der Kalisalze auseinander gesetzt hat.[2]) Adolf Mayer's Unterscheidung der Düngstoffe in neutrale, saure und basische muss hier im Auge gehalten werden. Darf der Boden im Voraus mit Dünger versehen werden, dann

---

[1]) In 1879 schrieb ich schon an einen Tabakspflanzer, der mich über Kalidünger zu Rat zog: „Wie sollte KCl und $K_2SO_4$ die Qualität des schlecht brennbaren Blattes verbessern? Der Rembangboden enthält Kali genug und in besserer Form. Wie sollte dann die Pflanze diese Düngsalze besser verarbeiten, wobei sie das Kali zurückhalten, und die Salzsäure und Schwefelsäure abscheiden muss?“

[2]) Landw. Vers.-Stat. 1881. Bd. 26 S. 77—134 und 309—351.

kann die Zeit disponibel sein, welche nötig ist — nachdem das Kali aus dem Chlorür und dem Sulfat durch das colloidale Silikat und durch das Humat absorbiert sind — um die Säuren als Kalk- und Natronsalze in Lösung zu erhalten, und also abfliessen zu lassen. Die Wurzeln finden dann das Kali in einer geeigneten Form.[1]) Doch wie oben erklärt ist: in den Tropen, auf Java und Sumatra, darf der Tabaksboden nicht auf diese Weise gedüngt werden. Das Kalisalz muss in der geeignetsten Form der Pflanze angeboten werden, und zwar als Kopfdünger.

Kohlensaures Kali ist nach Ad. Mayer's Versuchen zu alkalisch. Ein Kalihumat halte ich unbedingt für besser; das könnte, wie Mayer vorschlägt, aus Chlorkalium, Kalk und Torfstreu bereitet werden[2]) Die Brauchbarkeit eines Gemisches von $K_2SO_4$ (oder $KCl$) und Kalk muss für die Kultur im grossen noch geprüft werden.[3]) Kaliumnitrat muss mit Vorsicht gebraucht werden, weil die Salpetersäure nicht ganz assimiliert werden kann (und die Eiweissbildung zu einseitig befördert wird?).

Wenn wir also nach meiner Ansicht schon behaupten können, dass das Kali, im colloïdalen Silikat und im Humat absorbiert, die beste Form darstellt, wenn nur die Feuchtigkeit im Boden gross genug ist und konstant bleibt, so müssen wir jetzt mit Mayer anerkennen: „Eine praktische Kunstdüngung mit Kali für Tabak oder dergleichen kalibedürftige Pflanzen, für verschiedene Böden und zur Zeit des Bedarfs zu geben, fehlt noch.“

Auf Java und Sumatra wird ein Kompostdünger aus Viehmist und Tabaksabfall sich möglicherweise lohnend erweisen. Die Javaner benutzen mit bestem Erfolg ein Gemisch von Stalldünger, mit einer geringeren Menge Abtrittsdünger und mit

---

[1]) Wenn es wahr ist, dass Chlorkalium in der Pflanze für die Löslichmachung des Amylums im Blatte günstig wirkt, und für deren Überführung nach anderen Organen, dann wäre auch in dieser Hinsicht zu viel Chlorkaliumaufnahme schädlich.

[2]) Die Humussäuren wechseln Kali gegen Kalk aus. Das Chlorcalcium kann abfliessen.

[3]) Ad. Mayer beobachtete einen günstigen Erfolg von einem Gemisch von $^1/_3$ $CaO$ auf 1 $K_2SO_4$, und auch von $Na_2CO_3$ mit $KCl$, auf die Alkalinität der Tabaksasche.

In einer an sich schon fruchtbaren Erde that eine Düngung ausschliesslich mit $K_2CO_3$ gute Dienste.

Das gilt jedoch alles für intensive Kultur im gemässigten Klima.

Strohasche, den sie in kleinen Mengen als Kopfdünger den Pflanzen während ihrer Vegetationsperiode zuführen, am zehnten und am zwanzigsten Tag nach dem Verpflanzen. Sie geben auch flüssige Dünger, und später Oelkuchen und Stallmist; die Ölkuchen sollen kleine, aber aromatische Tabaksblätter hervorbringen. Dieser Behandlungsweise sollte man auch in Sumatra eingedenk sein;[1]) übrigens wird sie auch wohl hie oder da auf Java befolgt.

Aus alle diesem erhellt genügend, dass keine wissenschaftliche Düngervorschriften zu geben sind, um dauernd auf den Deliböden Tabakserntеn bester Qualität hervorzubringen. Ein viel exakteres und tiefer eingehendes Studium der Entwickelung und des Stoffwechsels in der geköpften und gegeizten Pflanze, als bis jetzt vorliegt, ist dazu unentbehrlich. Die Untersuchungen von Ad. Mayer und von Müller-Thurgau sind in dieser Hinsicht schon wichtig als lehrreiche Anfänge. Von den gewöhnlichen Kulturversuchen lässt sich nichts erwarten, was allgemeinen Wert hätte.

### b. Wiederherstellung des Waldbodens.

So lange die extensive Kultur in Deli möglich ist, scheint es mir erwiesen, dass vom Dünger der abgepflanzten Felder sehr wenig, von der Wiederherstellung des Waldbodens sehr viel, wenn nicht alles, zu erwarten ist, um dauernd Tabaksblätter der bekannten Beschaffenheit zu bekommen: ein vorzügliches Deckblatt, „das sich so vielen anderen Tabaksarten verschiedener Qualität und mannigfachster Geschmacksrichtung anzupassen vermag“.[2])

Durch die Wiederherstellung des Waldbodens kann die Lockerheit, der Humusgehalt etc. zurück erhalten werden. Wenn man die wiederholte Kultur, ohne Düngung, eine Raubwirtschaft nennen will, so besteht dieser Raub nicht sosehr im wegführen von Kali, Phosphorsäure, Stickstoff etc., als im Verlust der

[1]) Ich halte die folgende Aeusseruug von Herrn Fritz Reuter in der Delizeitung (1886 Oktober) für wichtig. „Wenn man den Tabaksboden (schon benutzten) überhaupt düngen will, sollte man dann nicht einem Compost von Tabaksabfall, Viehmist, Küchenabfall, den Vorzug geben vor den tausenden Pikols Guano, die jetzt gekauft werden.“

[2]) F. Reuter l. c.

eigentümlichen physisch-chemischen Konstitution. Diese letzte muss in erster Stelle wiedergegeben werden.

Wenn die Ernte eingezogen ist, so bedeckt sich das Feld in dem nassen Mousson mit Alang; doch kommen auch gleich Gewächse auf, die Busch erzeugen können, z. B. der Androng (namentlich auf dem braunen vulkanischen Thon), und der Tampo (Gardenia resinifera oder eine andere Art Gardenia). In dem erstfolgenden trocknen Mousson ist schon eine hübsche Waldvegetation zwischen dem Alang sichtbar, der schnell wächst. Sobald die Sträucher Schatten geben, wächst der Alang nicht mehr. Wenn die Abfuhrkanäle (Rinnen), die für die Tabakskultur angelegt waren, wieder zugestopft werden, und der Boden allmählich nasser (moorartig) wird, dann ist das günstig für die Waldbildung, und für das Verschwinden des Alangs.

Unter dem Schatten des Androngs wachsen andere Waldbäume auf. Stirbt der Androng nach einigen Jahren, dann wachsen andere Bäume fort, wie der Haleban (Vitex pubescens Vahl), der Koerangan und andere (Meranti, Bintoenghan, Roessip, Djohore etc.). Tiger, Schlangen, wilde Schweine bewohnen aufs Neue den Wald.

Nach 5—10 Jahren ist der Boden wieder in den alten guten Zustand — physisch und chemisch wie oben beschrieben — zurückgekommen, und kann, auf dieselbe Weise behandelt, denselben Tabak, wie das erstemal, hervorbringen.

Darum eben ist die Padikultur, die in dem nassen Mousson stattfindet, so nachteilig für die wiederholte Benutzung des Ackers als Tabaksfeld.[1]) Sie verhindert die Waldbildung in der günstigen Jahreszeit und befördert also den Alangwuchs in dem trocknen Mousson.[2])

---

[1]) Auch eine Vegetation von Farrnkräutern auf einem schon einmal benutzten Felde wird als sehr erwünscht betrachtet. — Die Erfahrung hat gelehrt, dass, wenn ein solches Feld zum zweiten Mal mit Tabak bestellt wird, es demjenigen vorzuziehen ist, dem man durch Düngen wieder die alte Fruchtbarkeit zurück zu geben versucht hat. Wahrscheinlich kommt die Farrn-Vegetation auf anders gelegenen Böden als dem braunen Thon vor.

[2]) Nach den Herren Cremer und van den Honert müssten denn auch eigene Feldstücke für die Reiskultur reserviert werden, und sollte es in dieser Hinsicht ein Irrthum der Regierung sein, dass sie die Contrahenten verpflichtet das einmal bepflanzte Tabaksfeld für Reiskultur disponibel zu stellen. Dazu kommt noch eine ökonomische Frage. Bodenraum für Reis ist genug vorhanden. Jedoch die Aecker müssen dafür bearbeitet und

Aus denselben Gründen ist das Brennen des Alangs so schädlich, noch mehr das wiederholte Brennen.[1]) Der Humus wird vernichtet, auch die Wurzelstöcke und Baumstämme, die noch da sind, können dann keinen neuen Humus bilden. Wenn auch eine Aschenschicht auf dem Felde ausgebreitet wird, so wird im übrigen der Boden verdorben. Die Regen verschlämmen die Oberfläche (durch das Ebentreiben der Schollen). Andererseits brennt die Sonne zu stark auf den nackten Boden und macht denselben hart. Die jungen Waldpflanzen werden vernichtet. Statt zu brennen ist es viel besser, den Alang zu schneiden und über dem Felde als Bedeckung auszubreiten.[2]) Unter dieser Decke ersticken die Wurzeln des Alang's, und erzeugen Humus. So wird der Alangwuchs verhindert[3]) und dem Austrocknen und Verderben des Bodens zuvorgekommen.

Eine sehr wichtige Frage bleibt die: ob das fortgesetzte Ausrotten der Wälder nicht allmählich die günstige klimatische Lage verderben wird, so dass statt vieler und nicht zu starker Regenfälle, eine Abwechselung von zu grosser Trockenheit und zu starken Regengüssen (die Banjers verursachen können) eintreten wird. Bis jetzt ist noch keine Änderung der Regenverhältnisse beobachtet. In der Strecke des Strandes bleiben die Rhizophorenwälder bestehen; im Innlande stellt das Hochgebirge der Kultur eine Grenze.

Auch muss man bedenken, dass in einer Unternehmung von z. B. 3000 Bouws nur 300 Bouws im selben Jahre mit Tabak bepflanzt werden, und das Interesse der Pflanzer es mit sich bringt, dass keine Alangwüste entsteht, sondern dass die abgepflanzten Felder wieder zeitweilen zum Wald werden.

---

irrigiert werden. Daher ist es den Malaien viel bequemer, die abgeernteten Tabaksfelder dazu zu benutzen, die keiner Bearbeitung mehr bedürfen. Auf diese Weise wächst jedoch ein Geschlecht von Eingeborenen auf, das die Kunst des Reisbau's verlernt.

[1]) Die Malaien brennen aus Vergnügen, oder um Hirsche zu jagen. Die Chinesischen Holzsäger brennen, weil der Alang ihnen das Aufsuchen der übriggebliebenen abgehauenen Holzstämme erschwert.

[2]) F. Reuter, der diese Methode befürwortet, giebt die Kosten für das Bedecken per Bouw auf zwei Dollar an.

[3]) F. Reuter: „Der unaufhörliche Kampf mit der immer wieder wachsenden Alang fällt dann fort."

## VIII.

## Schluss.

Schliesslich resumiere ich obige Untersuchungen und Betrachtungen in folgenden Worten:

Es ist dem frischen Waldboden, seiner Lockerheit, seinem Humusgehalt, den günstigen Regenverhältnissen, und wahrscheinlich auch der basischen Zusammensetzung des Verwitterungs-Silikats zuzuschreiben, dass der vulkanische Thon in Deli, wenn für richtige Wasserabfuhr gesorgt wird, in einer verhältnismässig kurzen Wachszeit so viel sämisches und gut brennbares Tabaksblatt hervorbringen kann.

Will man fortwährend diese feine Tabakssorte, von guter Farbe, sämisch und gut brennbar erzeugen, dann ist man auf zeitweilige Wiederherstellung des Waldes in der ersten Stelle angewiesen.

Dünger-Versuche, auf den Unternehmungen von den Pflanzern angestellt, sind so gut wie wertlos.

Wenn wissenschaftliche Untersuchungen und Kulturversuche der Tabakskultur nützen sollen, wenn man die Ursachen auffinden will, warum die Tabakskultur in anderen Teilen Ost-Sumatra's, z. B. in Siak [1]), nur Verluste gegeben hat, so müssen diese Untersuchungen an einer in Deli errichteten Versuchsstation stattfinden, unter der Leitung eines tüchtigen Agrikulturchemikers, der schon durch frühere Arbeiten bewiesen hat, dass er wissenschaftliche Fragen zu bearbeiten und zu lösen versteht. Er muss jedoch ganz frei arbeiten, und nicht verpflichtet werden in bestimmter Zeit neue Entdeckungen zu machen, oder vorteilbringende Resultate zu erhalten — auf die Gefahr hin, dass die Station sonst aufgehoben wird. Ein genaues und echt wissenschaftliches Studium der Ausbildung der Tabakspflanze in dieser Gegend, des Stoffwechsels in derselben in den verschiedenen Stadien ihrer Entwicklung, und der Bodenverhältnisse, ausserdem ein kritisches Sammeln aller im Grossen gemachten Erfahrungen, das Alles muss ruhig in Arbeit genommen

---

[1]) Es ist noch ganz unbekannt, worin das Misslingen der Tabaksunternehmungen in Siak begründet ist (zu kleine Ernten, schlechtes Produkt), in der Unwissenheit der Beamten, oder in der Ungeschicktheit des Bodens. Es kommt da ein roter Thon vor. Ist dieser vielleicht zu steif und schlecht durchlassend, oder nicht humusreich genug?

werden, unbekümmert darüber, ob sich diese Untersuchungen schon in kürzerer Zeit rentabel machen werden für die Kultur. Man muss sich anfänglich mit der Hoffnung zufrieden stellen, dass strenge wissenschaftliche Untersuchungen immer, früher oder später, Neues und Nützliches für die Kultur ans Licht bringen. Man muss überzeugt sein, dass sie die einzige wahre Grundlage bilden, um die rohe empirische durch eine rationelle Kultur zu ersetzen, welche eine stets zunehmende Sicherheit des Erfolges gewährt. Nur die wissenschaftliche Untersuchung kann den wahren Zusammenhang der Erscheinungen in ihrer Notwendigkeit erforschen; nur auf diese muss sich eine rationelle Kultur stützen.

Leiden, 1. Dezember 1889.

# Über die Zusammensetzung der Asche der Tabaksblätter in Beziehung zu ihrer guten oder schlechten Qualität insbesondere zu ihrer Brennbarkeit.

Von

Prof. Dr. J. M. VAN BEMMELEN.

Aus den Untersuchungen von NESSLER, SCHLÖSING, KOSUTANY und Anderen, neuerdings von FESCA und IMAI[1]), erhellt mit genügender Sicherheit, dass die gute Brennbarkeit denjenigen Tabaksblättern eigen ist, welche verhältnismässig reich sind an solchen Kalisalzen, die bei der Verbrennung kohlensaures Kali liefern, also an Kalisalzen der Oxalsäure, Äpfelsäure, Weinsteinsäure, Citronensäure und anderen noch nicht bekannten organischen Säuren. Zu viel Salpeter ist schädlich.

Chlorkalium ist schädlich, Chlorkalcium und Chlormagnesium noch schädlicher, weil sie zu rasch schmelzen und die noch nicht verbrannten organischen Teile einhüllen. Zu viel Sulphat ist sehr schädlich. Was die Kalksalze anbetrifft, so schadet nach SCHLÖSING ein Überschuss; nach NESSLER dagegen verglimmen die Kalksalze der organischen Säuren gut.

Es kann jedoch bei Blättern von tauglicher Beschaffenheit der Gehalt an kohlensaurem Kali in der Asche, ja selbst von Chlorkalium, innerhalb beträchtlicher Grenzen sich bewegen, und darf man daher auch nicht unbedingt aus der Asche auf eine geringere Qualität der Blätter schliessen, es sei denn, dass der Gehalt an kohlensaurem Kali sehr niedrig, z. B. unter 1 $^0/_0$ (für das trockne Blatt berechnet), und der Chlorgehalt hoch ist.

---

[1]) Über Kultur, Behandlung und Zusammensetzung Japanischer Tabake. Landw. Jahrb. 1888 XVII S. 329—372.

Noch andere Ursachen beeinflussen die gute Brennbarkeit. Das Verhältnis zwischen den Mengen der Cellulose, der Eiweisssubstanzen, Fette, u. A. ist von Bedeutung. Zu viel Fett, zu viel oder schlecht fermentirte Eiweissstoffe verderben wieder, was die organischen Kalisalze gut machen[1]). Von nicht geringer Bedeutung ist der Gang des Trocknens und der Fermentation, welche die Blätter durchgemacht haben; namentlich ob die Eiweisssubstanzen die gehörige Zersetzung erlitten haben und, wie es scheint, grösstenteils in Amidoverbindungen übergegangen sind. Im Allgemeinen muss die organische Substanz der Blätter, wie sie durch die Fermentationsprozesse umgesetzt ist, an sich gut brennbar sein, d. h., mit einer gewissen Geschwindigkeit verglimmen, und eine weisse Asche mit wenig Kohle hinterlassen. Kohlenhydrate müssen nach der Fermentation nicht mehr vorhanden sein.

Die Analyse der Aschen von dem gut brennenden Delitabak (aus Sumatra) und Malangtabak (aus Java) und von den schlecht brennenden Rembangtabak (aus Java), hat Zahlen ergeben, die für den günstigen Einfluss eines hohen Gehaltes an kohlensaurem Kali und eines niedrigen Gehaltes an Chlor und Schwefelsäure sprechen.

Im Folgenden wird die Zusammensetzung der Asche dieser Tabake mitgeteilt. Da jedoch von verschiedenen Seiten Bedenken gegen die Bestimmungsmetode der Alkalinität der Asche, und gegen deren Bedeutung für die gute Brennbarkeit erhoben sind, sodass Kosutany und auch Fesca und Imai die Bestimmung der Alkalinität unterlassen haben, habe ich aus den besten bis jetzt publizierten vollständigen Aschenanalysen und aus den meinigen abzuleiten versucht, wie die Alkalinität der Asche am besten zu bestimmen und auszudrücken ist, und welche Bedeutung dem Verhältnis zwischen Chloruren Sulfaten und Carbonaten in Bezug auf die gute Brennbarkeit des Tabaksblattes zukommt.

---

[1]) Ein Beispiel wird mitgeteilt von einem Bahia und Portoriko Tabak, der trotz vieler stickstoffhaltiger Substanz gut brennbar war; er enthielt viel organ. Kalisalze. Es ist aber die Frage, ob dieser Stickstoff viel Eiweisssubstanz entspricht, oder viele Amido-Verbindungen. Diese letzteren sind wohl unschädlich. Fesca und Imai sind der Ansicht, dass sie vielleicht sogar Körper sind, welche die gute Qualität des Tabaks direkt bedingen.

Die Analysen folgender Tabake werden dabei benutzt.

| | Sämischkeit und | Brennbarkeit. |
|---|---|---|
| 1. Die von mir untersuchten[1]): | | |
| Eine aus Deli (bei Mariendaal) | sehr sämisch, | sehr gut. |
| Fünf aus Malang (Java) | sehr sämisch, | sehr gut. |
| Sieben aus Rembang (Java) | nicht sämisch, | schlecht. |
| Eine aus Amersfoort (Niederlande, Provinz Utrecht) | sämisch, | gut, aber stellenweise durch Salpeter verpuffend und hinter diesen Stellen schwarz kohlend. |
| Zwei aus Mexico A. | sämisch, | sehr gut. |
| Zwei aus Mexico B. | sehr sämisch, | ziemlich gut, etwas aufschwellend hinter dem verglimmenden Teil. |

2. Sieben Japannische gut oder ziemlich gut brennende Tabake und ein sehr schlecht brennender, analysiert von Fesca und Imai[2]).

3. Sieben gut und sieben schlecht brennende Ungarische Tabake, analysiert von Kosutany[3]).

4. Deckblatt aus Virginia (America), analysiert von Mallet[4]).

---

[1]) Die Analysen kommen vor auf den Tafeln I—IV.

[2]) Fesca und Imai l. c.

[3]) Kosutany: Chem. Phys. Unters. des Tabakes, Budapesth 1882. Kosutany giebt ausführlich die von ihm befolgte analytische Methode an. Es lässt sich annehmen, dass der Grad der Genauigkeit bei den angeführten Analysen ungefähr derselbe sei wie bei den Meinigen.

[4]) Chem. News 1873.

Die lufttrocknen Blätter wurden von Rippen und dickeren Nerven befreit und dann fein geschnitten.

Die Einäscherung dieser Blattsubstanz geschieht am besten in einer Platinschale portionenweise in einem Muffelofen von Wiessneg, welcher nicht höher als zur dunklen Glühhitze erwärmt ist. In einer halben Stunde können auf diese Weise 5 g gutbrennender Tabak eingeäschert werden, wobei sich nur wenig Kohle bildet; 5 g eines schlecht brennenden Tabaks erheischen eine Viertelstunde mehr und lassen mehr Kohle zurück. Die Asche wurde zuerst mit Wasser, nachher mit Salzsäure ausgezogen; darauf der Rückstand weiss gebrannt und noch einmal mit kochend heissem Wasser und nachher mit Salzsäure ausgezogen.

Auf diese Weise ist kein Verlust von Chloruren zu befürchten.

Die Magnesia verliert dabei ihre Kohlensäure, der kohlensaure Kalk nur einen kleinen Teil derselben. Die übliche Behandlung der Asche mit kohlensaurem Ammon, um die Carbonate wieder herzustellen, ist zu verwerfen. Die geglühte Magnesia nimmt unter diesen Umständen die Kohlensäure nicht vollständig wieder auf (wie auch Fesca und Imai gezeigt haben), und es können auch Umsetzungen mit den Chloruren bei der Behandlung mit kohlensaurem Ammon stattfinden. Die Bestimmung des Aschengehaltes durch Wägen der mit kohlensaurem Ammon behandelten Asche (nach Abzug der noch anwesenden Kohle, die nach dem Ausziehen mit Wasser und Salzsäure gewogen wird) hat darum keinen Wert; es ist viel besser, die Bestandteile genau zu bestimmen, und deren Summe als Reinasche frei von Kohlensäure und von unlöslichen Bestandteilen aufzuführen [1]). Die Kohlensäure lässt sich dann berechnen.

Kann man schon annehmen, dass bei der Einäscherung die chemische Umsetzung zwischen den in der Blattsubstanz anwesenden Chloruren und Sulfaten, mit den Carbonaten, welche aus den pflanzensauren Salzen entstehen, nicht bedeutend sein kann — die Bildung von Sulfat aus dem Schwefel der Eiweiss-

---

[1]) Selbstverständlich kann zur Kontrole die erhaltene Asche erst gewogen, und in einem Teile davon die Kohlensäure und die Kohle bestimmt werden. Der andere Teil wird dann für die Bestimmung der Säuren und Basen benutzt.

substanz ausgenommen — so findet diese Umsetzung bei der Behandlung der Asche mit Wasser unbedingt statt. Die Analyse des wässerigen Auszugs kann also nicht genau darüber belehren, wie die alkalischen Basen und das Eisenoxyd in der Blattsubstanz unter den Mineral- und organischen Säuren verteilt gewesen sind.

Wenn die Asche mit einer gewissen Menge Wasser übergossen wird, so lösen sich im ersten Augenblick die anwesenden Salze von Kalium (und Natrium) Carbonat-Chlorur-Sulfat-Phosphat, und dabei etwas anhydrische Magnesia (wie ich oft beobachtet habe[1]); das Calcium-Sulfat löst sich nur teilweise, weil die Lösung viel langsamer von Statten geht; Carbonat und Phosphat und Kieselsäure (deren Menge in guten und reinen Blättern nicht gross oder selbst sehr gering ist) lösen sich nicht. Wenn man nun nicht gleich filtriert, dann bildet das Gemisch ein heterogenes System im labilen Gleichgewichte. Die gelösten Substanzen und die ungelösten wirken auf einander zurück, und wenn die Temperatur konstant bleibt, wird sich schliesslich ein für diese Temperatur giltiges konstantes Gleichgewicht zwischen Gelöstem und Ungelöstem herstellen, und dieses um so rascher, je mehr geschüttelt wird. Die dafür nötige Zeit ist nicht unbeträchtlich. Das Gleichgewicht ist abhängig von der Temperatur und von der Concentration der Lösung; es ist unabhängig von der Menge jeder der nicht gelösten Substanzen, wenn von diesen, nach Einstellung des Gleichgewichtes, noch übrig ist. Das Gleichgewicht ist in unserm Falle ein sehr kompliziertes, weil verschiedene Basen und Säuren zusammen sind; ferner ist, da das Gleichgewicht von der Conzentration abhängig ist, die Menge Wasser, womit man auszieht, dabei nicht gleichgültig. Wird die Temperatur beim Ausziehen mit Wasser geändert, so ändert sich auch das Gleichgewicht im heterogenen System, weil die Löslichkeit der möglichen Salze

[1]) Z. B.: Wenn ein Gemisch von Oxalaten, von $CaO$, $MgO$, $K_2O$, und $Na_2O$ — wie man das bei Anwendung der Methode von Deville bekommt — geglüht wird, und man die gebildeten Carbonate (Magnesia wird Oxyd) mit Wasser auszieht und schnell filtriert, dann setzt diese Lösung allmählig Magnesia ab. Ein Teil davon bleibt in Lösung. Wird die Lösung mit Salzsäure versetzt und eingedampft, dann bleibt, nach Wiederauflösung in Wasser, ein Teil dieser Magnesia zurück (durch Verlust von Salzsäure aus dem $MgCl_2$), jedoch das übrige bleibt gelöst als $MgCl_2$.

eine andere wird, und weil die Geschwindigkeiten, mit denen die gelösten und nicht gelösten Salze auf einander wirken, sich ändern. Auch können dadurch die nicht gelösten Salze molekulare Modifikationen (Änderungen im Aggregatzustande) erleiden[1]), wodurch ihre Zurückwirkung auf die gelösten geschwächt oder geändert wird.

Wenn also die Asche mit Wasser gekocht wird, so muss schliesslich das Gleichgewicht in der Lösung ein anderes sein, als beim Ausziehen mit kaltem Wasser. Wird die Asche nicht mit einer und derselben Menge Wasser lange geschüttelt, sondern mit erneuerten Mengen Wasser, die gleich abfliessen, ausgewaschen, so werden die Einwirkungen zwischen gelösten und ungelösten geändert, ja grösstenteils verhindert; das heterogene System ist in jedem Augenblicke ein anderes.

Es kommt nun noch dazu: 1. dass die Kohle, welche bei der ersten Veraschung immer zurückbleibt, etwas kohlensaures Alkali stark absorbirt hält und also nur beschwerlich ausgewaschen wird; 2. dass von dem kohlensauren Kalk, und besonders von der Magnesia (die Asche enthält die Magnesia anhydrisch), beim fortgesetzten Auswaschen mit Wasser bedeutende Mengen gelöst werden.

Bei dem Ausziehen der Tabaksasche mit kaltem oder heissem Wasser machen sich alle diese Wirkungen bemerkbar, Kalk, Magnesia und eine Spur Phosphorsäure werden neben Alkalikarbonat gelöst. Beim Vermischen der ersten Portion des kalten wässerigen Auszugs mit der folgenden fällt oft schon kohlensaurer Kalk nieder. Beim Erhitzen der verschiedenen Portionen des kalten Auszugs setzt sich der kohlensaure Kalk fast ganz, die kohlensaure Magnesia teilweise ab. Beim Auskochen mit heissem Wasser treten die bekannten Umsetzungen ein zwischen unlöslichen Karbonaten (und Phosphaten) und löslichen Alkalisulfates, oder umgekehrt. Es bilden sich also langsam kleine Mengen lösliches Alkaliphosphat, Sulfat und Silikat, welche aus der Umsetzung zwischen kohlensaurem Alkali und Calciumphosphat, Calciumsulfat und Kieselsäure, bei dieser Temperatur bis zu einem gewissen Gleichgewichtszustande entstehen.[2])

---

[1]) Colloïdal abgeschiedene Salze können z. B. krystallinisch werden.

[2]) Kosutany hat die Umsetzungen schon beschrieben, die er bei der Ausziehung der Tabaks mit kochendem Wasser beobachtet hat. (Seite 19 seiner Schrift.)

Es folgt daraus, dass die Zusammensetzung des wässerigen Auszugs eine andere sein muss, je nachdem 1. die Asche mit Wasser ausgespült oder lange digeriert ist, 2. viel oder wenig Wasser gebraucht, und 3. mit kaltem oder mit heissem Wasser ausgezogen ist.

Die folgenden Bestimmungen in den wässerigen Auszügen der Tabaksasche bestätigen diese Schlüsse:

**I. Delitabak.** — Die Asche des Deli- (wie auch des folgenden Malang-tabaks) enthält mehr Kali als nötig ist um alle Schwefelsäure und Salzsäure zu sättigen. Der wässerige Auszug enthielt also viel kohlensaures Kali, und dabei fand sich bedeutend Kalk und Magnesia gelöst:

| | Ca O. | Aeq. | Mg O. | Aeq. |
|---|---|---|---|---|
| Durch einen Strom kaltes Wasser ausgespült | 0.36 % | *1.28* | 0.38 | *1.9* |
| danach mit heissem Wasser ausgezogen | 0.02 „ | *0.07* | 0.11 | *0.5*$^{5}$ |
| | 0.38 % | *1.35* | 0.5 % | *2.4*$^{5}$ |

Die kaltwässerige Lösung, gekocht, setzte fast allen kohlensauren Kalk ab. Von der Magnesia setzte sich ab: 0,11 % und blieb gelöst 0.27 %. Bei einer zweiten Analyse wurden alle Bestandteile des kalten (a) und, nachdem der Rückstand im Muffelofen von aller Kohle befreit war, auch des Auszuges mit heissem Wasser bestimmt. Die Alkalinität wurde durch Titrieren mit Salzsäure (Indicator Methylorange) gefunden: *8.2* Aeq. im kaltwässerigen, und *0.8* Aeq. im heissen Auszug.

| | **a** (kaltes Wasser) pCt. | Aeq. | | **b** (heisses Wasser) pCt. | Aeq. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $K_2O$ | 4.2 | *8.9* | | 0.1 | *0.2* | |
| $Na_2O$ | Spur? | — | | 0.00 | | |
| CaO | 0.34 | *1.2* | | 0.04$^{7}$ | *0.17* | |
| MgO | 0.38 | *1.9* | | 0.11 | *0.55* | *0.9* |
| | | | *12.0* | | | |
| $SO_3$ | 0.60 | *1.5* | | 0.07 | *0.17* | |
| Cl | 0.72 | *2.0* | | 0.00 | | |
| | | | *3.5* | | | |
| $P_2O_5$ | Spur | | | Spur | | *0.17* |
| Alkalinität | | | *8.*$^{5}$ Berechnet | | | *0.73* Berechnet |
| | | | *8.*$^{2}$ Gefunden durch Titrieren. | | | *0.8* Gefunden durch Titrieren. |

Die durch Titrieren bestimmte Alkalinität und die aus der Analyse berechnete stimmen ganz befriedigend überein. Sie kann aber nicht als kohlensaures Kali in Rechnung gebracht werden, da $CaCO_3$ und MgO aus der Asche mitgelöst sind.

*Tabelle I.*

| | Tabak von Deli (Sumatra) bei Mariendaal (M.). Ernte 1888. Die Blättersubstanz verlor bei 100° . . . 14.2 % Trockensubstanz | | | Ernte 1878*) Trockensubstanz | | | | Deli (K)*) Ernte 1878 Trockensubstanz | Deli*) (b. Medan) Ernte 1878 Trockensubstanz |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | pCt. | Aequiv. | Aequiv. | pCt. | Aeq. | | Aequiv. | pCt. | pCt. |
| $K_2O$ | 4.40 | *9.4* | Aeq. Alkali *9.4* | 5.06 | *10.72* | | Aeq. Alkali *10.7* | 5.52 | 6.01 |
| $Na_2O$ | Spur? | — | | Spur? | — | | | — | — |
| CaO | 6.08 | *21.7* | | 4.90 | *17.5* | | | 5.85 | 5.37 |
| MgO | 2.01 | *10.0* | | 1.08 | *5.4* | | | Spur? | 0.29? |
| Summe Aequiv.-Basen | | *41.1* | | | | *33.6* | | | |
| $Fe_2O_3$ | 0.16 | | | 0.16 | | | | 0.14 | 0.26 |
| $P_2O_5$ | 0.48 | *2.0* | | 0.48 | *2.0* | | | 0.85 | 1.12 |
| Cl | 0.72 | *2.0* | Aeq. $Cl+SO_3$ *3.8* | 0.74 | *2.1* | | Aeq. $Cl+SO_3$ *3.9* | 1.01 | 1.16 |
| $SO_3$ | 0.73 | *1.8* | | 0.72 | *1.8* | | | 1.06 | 1.02 |
| Summe Aeq. Säuren . . | | *5.8* | . . . | . . | . . | *5.9* | | | |
| Differenz Aeq. Basen und Säuren . . . | | *35.3* | . . . | . . | . . | *27.7* | | | |
| Differenz Aeq. K u. $(Cl+SO_3)$ | | | *5.6* Aeq. $K_2O$ mehr. | . . | . . . | . . | . . *6.8* Aeq. $K_2O$ mehr. | | |

| | Ernte 1888 |
|---|---|
| Summe | 14.58 % |
| Ab Sauerst. | 0.16 „ |
| Reinasche (ohne $CO_2$) | 14.42 % |
| $SiO_2$ | 0.27 % |
| Unlösl. | 0.11 „ |
| Rohasche (ohne $CO_2$) | 14.80 % |
| Rohasche (mit $CO_2$ berechnet) | 22.53 „ |
| Reinasche (mit $CO_2$ berechnet) | 22.15 „ |

Alkalinität durch Titrieren bestimmt: *5.6* Aeq in heissem Wasser-Auszug; *9.0* Aeq. in kaltem Wasser-Auszug

| Ernte 1878 | | Deli (K) | Deli (b. Medan) |
|---|---|---|---|
| 13.14 pCt. | Summe d. Bestandteile | 14.43 % | 15.23 % |
| 0.17 „ | Ab Sauerstoff | 0.23 „ | 0.26 „ |
| 12.97 pCt. | Reinasche (ohne $CO_2$) | 14.20 % | 14.97 % |
| 0.22 „ | $SiO_2$ | 0.42 „ | 0.45 „ |
| 13.2 pCt. | Rohasche (ohne $CO_2$) | 14.62 % | 15.42 % |

Verhältnisse:

| | Ernte 1888 Aequiv. | Ernte 1878 Aequiv. |
|---|---|---|
| Säuren zu Basen | *1:7,1* | *1:5,7* |
| $SO_3+Cl$ zu Karbonaten | *1:9.3* | *1:7,0* |
| $SO_3+Cl$ zu Alk.-Karb. | *1:1,5* | *1:1,7* |
| $SO_3+Cl$ zu Kali | *1:2,5* | *1:2,7* |
| Cl zu Kali | *1:4,7* | *1:5,1* |

| | pCt. |
|---|---|
| Stickst. in 2 Bestgn. | 4.3 . . 4.3 |
| Nikotin „ „ „ | 4.5 . . 4.4 |

*) Diese drei Analysen sind mir von Herrn Cremer mitgeteilt und von mir umgerechnet (S. 377).

Berechnet man die Alkalinität aus der Differenz zwischen Aeq. Kali und Aeq. Cl + $SO_3$, dann ergiebt sich: (*9.1* + *0.2*) — (*3.8* + *0.15*) = *5.35* Aeq. Alkalinität = 3.5 % $K_2CO_3$. Die Analyse auf Tabelle I. (S. 416) vorkommend, wobei alle Bestandteile bestimmt wurden, ergab ebenso für die auf diese Weise berechnete Alkalinität *5.6* Aeq.

Die Alkalinität durch Titrieren bestimmt (*9.0*), war also zu hoch gefunden; sie fällt um so höher aus, je länger mit kaltem Wasser ausgewaschen wird; sie ist niedriger, wenn die Asche mit heissem Wasser längere Zeit digeriert wird. So erhielt ich auf die letzte Weise (durch Titrieren bestimmt) . . *5.6* Aeq. Durch kaltes Wasser wurde nicht alle Schwefelsäure gelöst, und es blieb auch etwas kohlensaures Kali in der Kohle der Asche zurück.

In der Asche des Delitabaks, wie auch im folgenden Malang- und Nikot-Tabak ist kein Natron[1]) oder höchstens nur eine Spur gefunden.

**2. Malangtabak.** — Die Aschenanalyse ergiebt dasselbe Resultat, wie die des Delitabaks.

Die Asche von 2,5 g wurde auf einem Filtrum mit fünf mal 25 = im Ganzen 250 CC Wasser ausgespült, darauf getrocknet und aufs Neue in der Muffel erhitzt, um die rückständige Kohle zu verbrennen, und dann mit heissem Wasser eine Zeit lang digeriert.

Viel Kalk wurde gelöst bei der Behandlung mit der ersten Portion kalten Wassers. Bei der Verdünnung dieser mit der folgenden schied sich schon kohlensaurer Kalk ab. (S. 414)

---

[1]) Bei der Analyse (Methode Deville) wurden die Alkalichlorure nach der Abscheidung von CaO und MgO gewogen. In einem Teil davon wurde die kleine Menge Magnesia (1—2 mgr), welche die Alkalichloruren noch enthalten, bestimmt. Im anderen Teil wurde der Kali als Platindoppelsalz bestimmt. Das daraus berechnete KCl war dem Gewicht der Alkalichloruren gleich, oder die Differenz war so gering, dass das daraus berechnete Natron innerhalb der Analyse-Fehler fiel.

| | Kaltwasser-Auszug. | | Heisswasser-Auszug. | |
|---|---|---|---|---|
| | % | Aeq. | % | Aeq. |
| $K_2O$ | 5.60 | *11.9* | 0.28 | *0.6* |
| $Na_2O$ | Spur | — | — | — |
| $CaO$ | 0.59 | *2.1* | 0.07 | *0.25* |
| $MgO$ | 0.36 | *1.8* | 0.09 | *0.45* |
| Summe | | *15.8* | | *1.3* |
| $SO_3$ | 0.60 | *1.5* | 0.12 | *0.3* |
| Cl | 0.1 | *0.3* | — | — |
| $P_2O_5$ | Spur | — | Spur | — |
| Summe | | *1.8* | | *0.3* |
| Alkalinität { Berechnet | | *14.0* Aeq. | Alkalinität { Berechnet | *1.0* Aeq. |
| Alkalinität { Gefunden durch Titrieren | | *14.0* „ | Alkalinität { Gefunden durch Titrieren | *0.8* „ |

Wird die Alkalinität ans der Differenz zwischen Aeq. Kali und Aeq. ($SO_3$ + Cl) berechnet, so wird erhalten;

$$(11.9 + 0.6) - (1.8 + 0.3) = 10.4 \text{ Aeq.}$$

Auch aus einer zweiten Analyse, wobei alle Bestandteile bestimmt wurden (Tab. II.) wurde dieselbe Zahl für die Alkalinität berechnet . . . . . . . . . . . . . . *10.5* Aeq.

**3. Nikottabak.** — Die Asche enthält kein Kali genug, um alle $SO_3$+Cl zu sättigen, es kann also nur dadurch eine alkalische wässerige Lösung davon erhalten werden, dass eine kleine Menge kohlensaurer Kalk und Magnesia neben den Sulfaten in Lösung bestehen kann und zwar in kaltem Wasser mehr als in heissem.

Dies bestätigten folgenden Analysen:

| | Anal. I (5 Gramm Tabak). Kaltes Wasser. | | | Anal. II (5 Gramm Tabak). Heisses Wasser. | | | Rückstand noch einmal geglüht u. mit heissem Wasser ausgezogen. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % | Aeq. | | % | Aeq. | | % | Aeq. | |
| Kali | 3.21 | *6.8* | | 3.35 | *7.13* | | 0.09 | *0.22* | |
| Natron | Spur? | — | | Spur? | | | | | |
| Kalk | 0.51 | *1.8* | | 0.07 | *0.25* | | 0.06 | *0.21* | |
| Magnesia | 0.16 | *0.8* | | 0.32 | *1.60* | | 0.03[4] | *0.17* | |
| | | | *9.4* | | | *9.0* | | | *0.6* |
| Schwefels. | 2,49 | *6.2* | | 2.50 | *6.25* | | 0.06 | *0.15* | |
| Chlor | 0.8 | *2.2*[5] | | 0.8 | *2.25* | | — | | |
| Calc.-Phos. | 0.04 | — | *8.4*[5] | 0.02 | — | *8.5* | Spur | — | *0.15* |
| Alkalinität { Berechnet. | | | *0.9*[5] | | | *0.5* | | | *0.45* |
| Alkalinität { Gefunden d. Titrier. | | | *0.9*[5] | | | *0.55* | | | *0.45* |

*(Tabelle II.)*

| **Tabak aus Malang** (Residenz Pasoeroean-Java) **Ernte 1875. C. L.** **Aschenanalyse.** Die Blättersubstanz verlor bei 100° 12,4% | | | | Vier andere Muster Tabak aus Malang von den Ernten 1872, 1874, 1875. |
|---|---|---|---|---|
| | % | Aequiv. | | % |
| $K_2O$ | 5,95 | *12,6* | Aeq. Alkali *12,6* | 5—7 |
| $Na_2O$ | Spur? | — | | — |
| $CaO$ | 5,33 | *19,0* | | 5—6,5 |
| $MgO$ | 0,90 | *4,5* | | n. b. |
| Summe Aequiv. Basen . . | | *36,1* | | |
| $Fe_2O_3$ | 0,45 | | | n. b. |
| $P_2O_5$ | 0,55 | *2,4* | | n. b. |
| Cl | 0,15 | *0,4* | Aeq. $(Cl + SO_3)$ *2,1* | 0,2—0,5 |
| $SO_3$ | 0,67 | *1,7* | | n. b. |
| Summe Aequiv. Säuren . | | *4,4* | | |
| Differenz Aeq. Basen u. Säuren | | *31,7* | | |
| Differenz Aeq. $K_2O$ u. $(Cl+SO_3)$ . | | | *10,5* Aeq. $K_2O$ mehr | |

| | % |
|---|---|
| Summe | 14,00% |
| Ab Sauerstoff | 0,03 „ |
| Reinasche | 13,97 % |
| $SiO_2$ | 0,80 % |
| Unlöslich | 2,40 „ |
| Rohasche (ohne $CO_2$) | 17,17 % |
| Rohasche mit $CO_2$ (berechnet) | 24,14 % |
| Reinasche mit $CO_2$ (berechnet) | 20,94 % |

Alkalinität (durch Titriren bestimmt) im Auszug mit heiss. Wasser *10,7* Aeq.; „ „ *10,6* „; kaltem „ *14,0* „

Alkalinität d. heisswasser Auszüge (durch Titrieren best.) 7[5]—*11* Aeq.

**Verhältnisse.**

| | Aequiv. |
|---|---|
| Säuren zu Basen . . . | *1* : *8,2* |
| $(SO_3+Cl)$: Carbonaten . | *1* : *15,1* |
| $(SO_3+Cl)$: Alkali Carbon. | *1* : *5,0* |
| $(SO_3+Cl)$: $K_2O$ . . . | *1* : *6,0* |
| Cl : $K_2O$ . . . | *1* : *31,5* |

Eine dritte Analyse (siehe die Tabelle III) wobei alle Bestandteile bestimmt wurden, und mit heissem Wasser ausgezogen wurde, ergab ebenso 0.5 Aeq. Alkalinität durch Titrieren, indem doch die aus allen Säuren und Basen berechnete Alkalinität = Aeq. $K_2O$—Aeq. ($Cl + SO_3$) negativ (— 1.42 Aeq.), weil die Aeq. $Cl + SO_3 > $ Aeq. $K_2O$.

Aus den Analysen ersieht man, dass der Kalk in der kalten Lösung den in der heissen weit übersteigt, und dass die Kohle noch eine kleine Menge Kaliumkarbonat nach dem Ausziehen mit kaltem, ja selbst nach dem Ausziehen mit heissem Wasser zurückgehalten hat. Die Alkalinität der Asche, wie sie früher durch viele Untersucher im wässerigen Auszug bestimmt worden ist, ergiebt also ohne weiteres keine genaue Zahl, aus welcher die Menge pflanzensaurer Alkalien in dem Tabak abgeleitet werden kann. Viel besser ist es, die Differenz zwischen den Aeq. Alkalien und den Aeq. Chlor und Schwefelsäure zu berechnen. Diese beiden werden dann ganz als an Alkalien gebunden angenommen und das übrige Kali als an Kohlensäure gebunden. Diese Menge kohlensaures Kali führe ich nun als Alkalinität an. Sie ist jedenfalls nicht zu hoch, denn in der Pflanze kann auch ein Teil der Schwefelsäure an Kalk (und Magnesia) gebunden sein.[1])

[1]) Berechnet man diese Alkalinität, so ergiebt sich dabei — wie die folgende Tabelle anzeigt — dass die Alkalinität, die durch Titrieren des Auszugs mit heissem Wasser durch kurze Digestion erhalten wird, eine von der ersten wenig abweichende Zahl giebt. Das lässt sich dadurch erklären, dass ein Defizit an kohlensaurem Kali (in der Kohle verbleibend) durch die gelöste Magnesia ungefähr gedeckt wird, und dass der anfänglich gelöste $CaCO_3$ bei der Erhitzung wieder abgesetzt wird:

**Alkalinität in Aequivalenten:**

| | Malang | Deli | Nikot. | Amersfoort | Mexiko |
|---|---|---|---|---|---|
| Berechnet aus der Differenz zwisch. Aeq. $K_2O$ u. Aeq. ($SO_3$ + Cl) | *10.8* | *5.6* | *0.00* | *6.0* | *4.3* |
| Durch Titrierung des Auszugs mit nicht viel heissem Wasser . | *10.6* u. *10.7* | *5.6* | *0.55* | *6.5* | *4.9* |
| Durch Titrierung des Auszugs mit viel kaltem Wasser . . . . | *14.4* u. 14.3 | *8.2* | *0.9* | — | — |

## Tabak von der Unternehmung Nikot-Rembang-Java.

Aschenanalyse. *(Tabelle III.)*

| Ernte 1877: Die Blättersubstanz verlor bei 100° . . . 12.75 % Trockensubstanz | % | Aequiv. | | Ernte 1877: Sieben andere Muster (bei 100° getrocknet) % |
|---|---|---|---|---|
| $K_2O$ | 3.30 | *7.0* | *7.0* Aequiv. Alkali | 2.4—3.2 |
| $Na_2O$ | Spur? | | | — |
| $CaO$ | 9.85 | *35.18* | | 7—9.3 |
| $MgO$ | 9.82 | *4.10* | | n. b. |
| Summe Aequiv. Basen | | *46.3* | | |
| $Fe_2O_3$ | 0.65 | | | n. b. |
| $P_2O_5$ | 1.24 | *5.23* | | n. b. |
| Cl | 0.81 | *2.30* | | 0.6—1 |
| $SO_3$ | 2.45 | *6.12* | | n. b. |
| Summe Aequiv. Basen | | *13.6*[5] | *8.42* Aequiv. Cl + $SO_3$ | |
| Differenz Aequiv. Basen und Säuren | | *32.7* | | Alkalinität des heisswässrigen Auszugs durch Titrieren bestimmt |
| Differenz Aequiv. $K_2O$ und (Cl + $SO_3$) . . . . | | | *1.4* Aeq. (Cl + $SO_3$) mehr | *0.5—2.0* Aequiv. |

| | |
|---|---|
| Summe | 19.12 % |
| Ab Sauerstoff | 0.18 „ |
| Reinasche | 18.94 % |
| $SiO_2$ | 0.22 % |
| Unlöslich | 3.40 „ |
| Rohasche ohne $CO_2$ | 22.56 % |
| Rohasche mit $CO_2$ (berechnet) | 29.75 % |
| Reinasche mit $CO_2$ (berechnet) | 26.13 % |

Alkalinität (durch Titrieren bestimmt) . . . *0.5* Aeq. im heiss. wässrigen Auszug; *0.8* „ „ kalten „ „

Alkalinität berechnet . . . 0.0 „

Verhältnisse:

| | Aequiv. |
|---|---|
| Säuren zu Basen . . . . | *1 : 3.4* |
| $SO_3$ + Cl : Karbonaten . . | *1 : 3.9* |
| $SO_3$ + Cl : Kali . . . . | *1 : 0.83* |
| Cl : Kali . . . . | *1 : 3* |

Zweitens halte ich es für nötig die Summe der Aequivalente Basen und der Aeq. Säuren (ohne Kohlensäure) zu berechnen, denn die Differenz ergiebt, wie viel Aeq. Basen (Alkalien und alkal. Erden) zusammen an Pflanzensäuren notwendig gebunden gewesen sind,[1]) nach Abzug der Salpetersäure, wenn diese anwesend ist. —

In den Tabellen I, II, III, sind die vollständigen Analysen der Asche von Deli-, Malang- und Nicot-Tabak auf diese Weise dargestellt.

Es sei mir bei dieser Gelegenheit erlaubt, darauf aufmerksam zu machen dass es mehr und mehr angemessen erscheint, bei Analysen von Mineralen, Erden, Gewässern u. dergl. die Äquiv.-Zahlen neben die Procentzahlen zu schreiben, wie ich dies schon seit langem gethan habe. Das Äqu.-Verhältniss zwischen den verschiedenen Bestandteilen kann dann gleich übersehen und berechnet werden.[2])

Bei diesen Äquivalent-Berechnungen ist die Phosphorsäure dreibasisch in Rechnung gebracht. Eisenoxyd und Kieselsäure sind ausser der Berechnung gelassen. Das Eisen ist wahrscheinlich in der Pflanze nicht, oder teilweise nicht, an Säuren (Mineral- und Pflanzensäuren) gebunden, und ausserdem in geringer Menge anwesend; die Kieselsäure ist höchst wahrscheinlich im freien Zustande in den Zellwänden abgelagert, und für einen Teil durch die Einwirkung des Alkalikarbonats der Asche auf die Kieselsäure der Asche in der wässerigen Lösung übergegangen. In guten Tabaken wie im Delitabak ist die Menge Kieselsäure die in Lösung kommt und die unlöslich zurückbleibt höchst gering. Bei schlechten und unsauberen Tabaksblättern ist die unlösliche Kieselsäure der Asche oft von anhängendem Sand oder Staub herstammend. Wenn schliesslich wirklich ein Teil des $Fe_2O_3$ und des $SiO_2$ in den Pflanzen als Salz vorkommt, dann heben die durch Fortlassung derselben in obiger Berechnung gemachten Fehler einander teilweise auf.

---

[1]) Da die Kohlensäure-Bestimmung keinen Wert hat (siehe oben) habe ich diese Menge nicht aus dem Kohlensäure-Gehalt der Asche berechnet. Nur der Schwefelgehalt der Eiweisstoffe kann einen kleinen Fehler verursachen, weil die bei der Verbrennung gebildete Schwefelsäure Basen bindet, die an Pflanzensäuren gebunden gewesen sind.

[2]) Auch Ostwald hat dieses neuerdings empfohlen (Zeitschr. f. physik. Chemie Bd. III S. 496.

Wird die Grösse der Alkalinität und die Menge Basen an Pflanzensäuren gebunden auf die oben angegebene Weise in Äquiv. berechnet, dann werden gewiss Zahlen erhalten, die für die Vergleichung der Tabake verschiedener Qualität von grossem Werte sind.

Denn aus den Procentzahlen der Analysen kann die Zusammensetzung der Asche in Beziehung zu der guten oder schlechten Brennbarkeit schwerlich beurteilt werden, wie es aus der folgenden Übersicht zu ersehen ist.[1])

Dieselben ergeben nur, dass ein grösserer Kaligehalt ein guter Faktor ist.

| Bei 100° getrocknete Substanz | | | |
|---|---|---|---|
| | Gut brennbare % | Ziemlich gut % | Schlecht brennbare % |
| Chlor | 0.2—0.7 | —1.4 | 1.0—4.0 |
| Schwefels | 0.3—0.8 | —1.1 | 0.3—1.4 |
| Kali | 4 ½—6 | —6 | 2—4 |
| Natron | Spur—0.3 | | 0.1—1.4 |
| Kalk | 5—7 | —7 | 5—9[5] |
| Magnesia | 1—2 | | 1—3 |
| Aschengeh. (ohne $Si O_2$ und $CO_2$) | 10—18 | | 12—19 |
| Aschengehalt (mit berechn. $CO_2$) | 15—28 | | 19—29 |

Der Aschengehalt,[2]) ohne in Salzsäure unlösliche Substanz (wobei die Kieselsäure) und ohne Kohlensäure, variirt auch bei den guten Tabaken zwischen 10—19 %, mit beiberechneter Kohlensäure zwischen 15—28 %. Bei den besten Deli-Malang-Japanischen Havannah-Tabak beträgt sie ungefähr 14 % (mit

[1]) Diese Zahlen sind den auf Seite 411 genannten vollständigen Tabaksanalysen entnommen.

[2]) Es kommt mir vor dass man die Gesamtasche am liebsten frei von Kieselsäure und Kohlensäure ausrechnen muss auf lufttrockne oder auf bei 100° getrocknete Substanz. Vielleicht wäre es noch besser die Asche auf Schwefelsäure-trockne Substanz zu beziehen, jedoch habe ich diese Bestimmungen noch nicht gemacht.

Will man die Kohlensäure in Aschen mitrechnen, so muss berechnet werden, wie viel Kohlensäure nötig ist, um die Differenz zwischen Basen und Säuren (Cl. $SO_3$. $P_2O_5$) zu sättigen, weil die Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der Asche keinen Wert hat (Siehe oben). Auf diese Weise habe ich die Zahlen des Aschengehaltes, welche in der folgenden Tabelle vorkommen, berechnet.

## Tabak aus Amersfoort (Prov. Utrecht-Niederlanden) 1878.

Aschenanalyse.

Die Blättersubstanz verlor bei 100° . . . 13.1 %.

*(Tabelle IV.)*

| | % | Aequiv. | Aequiv. |
|---|---|---|---|
| $K_2O$ | 6.25 | *13.0* | Aequiv. Alkali *13.0* |
| $Na_2O$ | Spur? | — | |
| $CaO$ | 6.52 | *23.3* | |
| $MgO$ | 1.40 | *7.0* | |
| Summe Aequiv.-Basen . . . . . | | *43.3* | |
| $F_2O_3$ | 1.14 | — | |
| $P_2O_5$ | 0.70 | *3.0* | |
| Cl | 1.52 | *4.3* | Aeq. ($Cl + SO_3$) *7.0* |
| $SO_3$ | 1.10 | *2.7* | |
| Summe Aequiv.-Säuren . . . . . | | *10.0* | |
| Differenz Aequiv.-Säuren und Basen . . | | *33.3* | |
| Differenz Aequiv. $K_2O$ und ($Cl + SO_3$) . . . . . . | | | *6.0* Aeq. Kali mehr |

| | |
|---|---|
| Summe | 18.63 % |
| Ab Sauerstoff | 0.34 „ |
| Reinasche | 18.29 % |
| $SiO_2$ | 0.16 % |
| Unlöslich | 1.00 „ |
| Rohasche ohne $CO_2$ | 19.45 % |
| Rohasche mit $CO_2$ (berechnet) | 26.78 % |
| Reinasche mit $CO_2$ (berechnet) | 25.96 % |

Gefunden d. Titrieren *6.5* Aeq.
Alkalinität*) . . Berechnet *6.0* Aeq.

**Verhältnisse:**

| | Aeq. |
|---|---|
| Säuren zu Basen . . . . . | *1 : 4.3* |
| ($SO_3$ + Cl) : Karbonaten . . | *1 : 4.8* |
| ($SO_3$ + Cl) : Alkali Karb.*) . | *1 : 0.9* |
| ($SO_3$ + Cl) : Kali . . . . . | *1 : 1.9* |
| Cl : Kali . . . . . . . . . | *1 : 3.0* |

*) Ein kleiner Teil davon ist Nitrat gewesen denn die Blättersubstanz enthält etwas Salpetersäure.

beiberechneter Kohlensäure 21 %). Doch auch bei den schlechten kommen diese Zahlen vor. Aus dem Aschengehalt lässt sich also ohne Weiteres nichts ableiten.

Ich habe nun versucht aus den Verhältnissen zwischen den Mengen Sulfaten plus Chloruren, und den Mengen Karbonaten im Ganzen, Karbonaten der Alkalien, Kali — die Alle notwendig in Äquiv. ausgedrückt werden müssen — einen Zusammenhang zu ermitteln zwischen der Zusammensetzung der Blättersubstanz (ohne Rippen und gröbere Nerven) und der guten Qualität, Sämischkeit und Brennbarkeit. Die berechneten Verhältnisse sind für die 24 gut brennenden oder ziemlich gut brennenden, und für die 16 schlechten Tabake in der Tabelle V angegeben.[1])

Die Zahlen der Tabelle lassen sich in Kurzem zusammenfassen wie folgt:

| | In Äquivalenten | Schlecht brennend | | Gut brennend u. Sämisch | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | B {fünf Sorten | B[1] {drei Sorten | A {siebenz. Sorten | A[1] {drei Sorten |
| | Alkalinität (kohlens. Alkali) — berechnet | — *6* bis + *2.2* | *+ 2.0 — + 6.2* | *+ 4.3 — + 11.8* | *2.5 — 2.8* |
| Verhältnis | Säuren zu Basen = 1: | *2.4 — 4.5* | *3.1 — 6.8* | *4 — 10* | *5.5* |
| | Chlorur + Sulphat zu Karbonaten = 1: | *2.2 — 6.8* | *4.6 — 10.6* | *4.4 — 19* | *5.5 — 9* |
| | Chlorur + Sulphat zu Alkali Karbonaten = 1: | *0 — 0.3* | *0.8 — 5.7* | *1 — 5.2* | *0.5 — 1.6* |
| | Chlorur + Sulphat zu Alkali = 1: | *0.6 1.3* | *1.8 — 2.5* | *2 — 6.1* | *1.5 — 2.6* |
| | Chlorur + Sulphat zu Kali = 1: | *0.56 — 1.1* | *1.3 — 1.7* | *2 — 6.0* | *1.4 — 2.2* |
| | Chlorur zu Kali = 1: | *1 — 2.9* | *1.9 — 7* | *3.5 — 3.1* | *2.5 — 3* |

Es ergiebt sich daraus, dass ein entscheidender Unterschied besteht für die Alkalinitätszahl und für alle obigen Verhältnisse zwischen den Tabaken guter Qualität, sämischen und gut brennbaren sub A, und den schlecht brennbaren Tabaken sub B angeführt.

Bei den ersten ist die Alkalinität hoch, und alle Verhältnisse sprechen zu Gunsten der Basen gegenüber den Chloruren

[1]) Bei den Aequiv.-Berechnungen aus den pCt Zahlen von Kosutany und von Fesca und Imai habe ich wieder Eisenoxyd und Kieselsäure von der Berechnung ausgeschlossen, und die Alkalinität berechnet wie oben angegeben.

**Asche von Tabak aus Mexico** (weisse Asche, sämisches Blatt, gut brennend).

Die lufttrockene Substanz verliert bei 100° 12,4 %.

*(Tabelle V.)*

| Bei 100° getrocknet | % | Aequival. | | |
|---|---|---|---|---|
| $K_2O$ | 4.44 | *9.4* | | *9.4* (K₂O + Na₂O) |
| $Na_2O$ | Spur? | — | | |
| CaO | 7.00 | *25.0* | | |
| MgO | 1.06 | *5.3* | | |
| Summe der Aeq.-Basen | | | *39.7* | |
| $Fe_2O_3$ | 0.6 | | | |
| $P_2O_5$ | 0.68 | *2.87* | | |
| Cl | 0.82 | *2.31* | | *5.1* (Cl + SO₃) |
| $SO_3$ | 1.12 | *2.80* | | |
| Summe der Aeq.-Säuren | | | *8.0* | |
| Differ. Aeq.-Säuren und Basen | | | *31.7* | |
| Differ. Aeq.-Kali und Aeq. ($SO_3$ + Cl) | | | | *4.3* (Alkalinität). |

| | | |
|---|---|---|
| Summe | 15.72 % | |
| Ab Sauerstoff | 0.18 „ | |
| Reinasche | 15.54 % | |
| Kieselsäure | 0.58 % | |
| Unlöslich | 1.0 „ | |
| Rohasche | 17.12 % | |
| Rohasche mit $CO_2$ | 24.09 % | |
| Reinasche mit $CO_2$ | 22.51 % | |

Alkalinität . . . Berechnet *4.3* Aeq.
Durch Titrieren des heiss. wäss. Auszugs *4.9* „

**Verhältnisse:**

| | | |
|---|---|---|
| Aeq. Säuren | : Aeq. Basen . | *1 : 5.0* |
| Aeq (Cl + $SO_3$) | : Aeq. Karbonat. | *1 : 6.2* |
| „ | : Aeq. Kalikarb. | *1 : 0.8*[4] |
| „ | : Aeq. Kali . | *1 : 1.8*[4] |
| Aeq. Cl | : Aeq. Kali . | *1 : 4.0* |

und Sulfaten, wenn sie auch unter einander ziemlich abweichen. Die Bedeutung der berechneten Alkalinität tritt deutlich hervor. In den gut brennbaren A beträgt sie *4—12* Aeq. Sie kann in Kaliumkarbonat ausgedrückt werden, weil der Natrongehalt so höchst gering oder null ist — also 3—8 pCt $K_2CO_3$[1]).

Bei den guten Tabaken A sind Chlor und Schwefelsäure nicht hoch, nur bei den Amersfoort-Tabak ist dieses der Fall, jedoch sind da Alkalinität, Kaligehalt und auch Kalkgehalt so hoch, dass sich alle Verhältnisse noch günstig stellen. Er ist dabei sämisch. Auch der Mexiko Tabak enthält mehr Schwefelsäure als die übrigen.

Wenn die Alkalinität bei einem Tabak wie bei den Japanischen Shedaga Yamura und bei den Javaschen Nicot-Tabaken null oder gering ist, dann ist er unbedingt von einer sehr schlechten Qualität und schlecht brennbar. Alle Verhältniszahlen sind dann auch ungünstig, wie aus der Tabelle mit einem Blick zu sehen ist. Es giebt jedoch auch schlecht brennbare Blätter, wie diejenigen in der Tabelle sub $B^1$ erwähnt, welche eine ziemlich grosse Alkalinität besitzen, obgleich sie reich an Chlorur und Sulfat sind, und günstigere Verhältniszahlen erweisen für

Säuren zu Basen

Chlorur und Sulfat zu Carbonaten (im Ganzen).

Sie enthalten nämlich, wie der Czegeer- und der Katahalmer-Tabak, bei weniger Kali mehr Natron und Magnesia als die guten Tabake; in folgedessen ist das Verhältnis zwischen Chlorur und Sulfat zu Kali, und zwischen Chlorur zu Kali auch bei diesen ungünstig. Indem diese Verhältnisse sind:

| | $Cl + SO_3 : K_2O$ | $Cl : K_2O$ |
|---|---|---|
| bei den guten Tabaken (A) .......... | $1 : \pm 3$ oder $> 3$ | $1 : > 3$ |
| und bei den schlechten Tabaken (B) .... | $1 : 0.5$ bis $1.1$ | $1 : < 3$ |

so sind sie auch bei den:

| | | |
|---|---|---|
| schlechten Tabaken ($B^1$) ............ | $1 : 1.2$ bis $1.7$ | $1 : 3$ bis $< 3$ |

Die Tabake unter $A^1$ angeführt geben zu einer besonderen Betrachtung Veranlassung. Die beiden Ungarischen Kokaeder

[1]) Nessler fand früher bei fünfzehn Deutsche Tababaksorten guter Brennbarkeit

1—5 pCt $K_2CO_3$

bei vier schlecht brennenden:

0.05—0.3 pCt $K_2CO_3$

Sieh auch seine neuen Bestimmungen im Centralblatt Agr. Ch. 1889 S. 490.

*(Tabelle VI.)*

| | | Alkalinität als Differenz zwischen Alkalien u. Chlorur + Sulfat in Aeq. | Diese Differenz als $^0/_0 K_2CO_3$ berechnet (Auf 100 Teil. Trockensubstanz.) pCt. | Verhältniszahlen: 1 Aeq. Säuren zu | 1 Aeq. Chlorur zu: | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Aeq. Basen | Aeq. Karbonaten im Ganzen | Aeq. Alkali-Karbonaten |
| | | | | | | **A. Gut** |
| Sehr gut brennbar, Sämisch | Malang C. L. (1875) | *10.5* | 7.3 | *$8^2$* | *$15^1$* | *$5^0$* |
| | Idem 1874 | *11.8* | 8.2 | | | |
| Sehr gut brennbar, Sämisch | Malang vier andere Proben von 1872, 1874 und 1875 | *7.3* bis *11* | 5 bis 7.6 | | | |
| Sehr gut brennbar Sämisch | Deli . Ernte 1888 | *5.6* | 3.9 | *$7^1$* | *$9^3$* | *$1^5$* |
| | „ 1878 | *6.8* | 4.7 | *$5^7$* | *$7^0$* | *$1^7$* |
| Deckblatt | aus Virginia | *5.8* | 4.1 | *$5^4$* | *$6^6$* | *$1^9$* |
| | | *5.1* | 4.9 | *$9^5$* | *$12^8$* | *$3^5$* |
| Gut brennbar, gute Qualität | Japan Havanna Tabak | *6.7* | 4.6 | *7* | *13* | *$2^6$* |
| Schnell brennbar, gute Qualität | Japan Oyamada (gewöhnl.) | *6.8* | 4.7 | *8* | *15* | *$3^4$* |
| Nicht so gut brennbar wie die vorigen. Gute Qualität | Japan (Connecticut) | *8.0* | 5.5 | *$8^8$* | *$13^6$* | *$3^7$* |
| Gute Qualität, ziemlich gut brennbar | Japan: Oyamada (Krausblätterige), Florida, Russische, Kentucky | *5.6* bis *$7^1$* | 3.9 bis 4.9 | ± *6* | 8 bis *9* | *$1^8$* b. *2.1* |

| (nach Aeq.) | | | Zusammensetzung der Aschenbestandteile (auf Trockensubstanz) in Aequivalenten | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| + Sulfat zu: | | 1 Aeq. Chlorur zu | | | | | | | | | |
| Aeq. Alkalien | Aeq. Kali | Aeq. Kali | (Rein) Aschengehalt pCt. | Chlor Aeq. | $SO_3$ Aeq. | $K_2O$ Aeq. | $Na_2O$ Aeq. | CaO Aeq. | MgO Aeq. | $P_2O_5$ Aeq. | |
| **brennende Tabaksblätter.** | | | | | | | | | | | |
| $6^{0}$ | | $31^{5}$<br>$14^{5}$ | 14.0<br>— | $0^{4}$<br>$1^{0}$ | $1^{7}$<br>*n. b.* | $12^{6}$<br>$14^{5}$ | *Spur ?*<br>— | $19^{0}$<br>19 | $4^{5}$<br>*n. b.* | $2^{4}$<br>*n. b.* | v. B.<br>v. B. |
| | | ± 14 | — | $0^{7}$ b. $1^{4}$ | *n. b.* | 10 b. 14 | — | 18 b. 22 | *n. b.* | *n. b.* | v. B. |
| $2^{5}$<br>$2^{7}$ | | $4^{7}$<br>$5^{1}$ | $14^{4}$<br>13 | $2^{0}$<br>$2^{1}$ | $1^{8}$<br>$1^{8}$ | $9^{4}$<br>$10^{7}$ | *Spur ?*<br>*Spur ?* | $21^{7}$<br>$17^{5}$ | $10^{0}$<br>$5^{4}$ | $2^{0}$<br>$2^{0}$ | v. B. |
| $2^{9}$<br>$4^{5}$ | $2^{7}$<br>$3^{4}$ | 13<br>10 | | | | | | | | | Mallet |
| $3^{6}$ | $3^{0}$ | $4^{7}$ | $13^{3}$ | $1^{8}$ | $0^{8}$ | $8^{3}$ | $1^{0}$ | $21^{9}$ | $7^{6}$ | $2^{9}$ | Fesca und Imai |
| $4^{4}$ | $4^{1}$ | 22 | $12^{1}$ | $0^{38}$ | $1^{6}$ | $8^{2}$ | $0^{6}$ | $19^{2}$ | $6^{1}$ | $2^{2}$ | „ |
| $4^{8}$ | $4^{65}$ | 7 | $12^{0}$ | $1^{35}$ | 0.8 | 10 | $0^{25}$ | $17^{0}$ | $5^{9}$ | $1^{6}$ | „ |
| ± 3 | ± 3 | 4 b. 11 | 10.1<br>14.2<br>$14.0^{5}$<br>10.5 | ± 1 | 0.8 b. $2^{8}$ | $6^{5}$ b. 10 | $0^{6}$ b. 1.3 | $13^{2}$ b. 20 | $5^{1}$ bis 7 | $1^{8}$ b. 2.5 | „ |

*(Fortsetzung der Tabelle VI.)*

| | | Alkalinität als Differenz zwischen Alkalien u. Chlorur + Sulfat in Aeq. | Diese Differenz als $^0/_0$ $K_2CO_3$ berechnet (Auf 100 Teil. Trockensubstanz.) pCt. | Verhältniszahlen: 1 Aeq. Säuren zu | 1 Aeq. Chlorur zu: | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Aeq. Basen | Aeq. Karbonaten im Ganzen | Aeq. Alkali-Karbonaten |
| Gut brennbare Ungarische Tabake | Szuloker | $\pm 10^{5}$ | ± 7 | $\pm 5^{5}$ | ± 18 | ± 4 |
| | Janorhazer | $8^{5}$ | 5.9 | 5 | 9 | $2^{8}$ |
| | Dorogher | $6^{3}$ | 4.4 | $9^{6}$ | 19 | $2^{8}$ |
| | Czetneker | $5^{1}$ | 3.5 | $9^{5}$ | $14^{4}$ | $2^{2}$ |
| | Vittnyeder | $4^{3}$ | 3.0 | $5^{3}$ | $9^{2}$ | $1^{6}$ |
| Sehr sämisch, gut brennbar | Mexiko | $5^{0}$ | 3.5 | | | |
| | Mexiko | $4^{3}$ | 3.0 | 5 | $6^{2}$ | 0.8 |
| Sämisch (enthaltend Salpeter) | Amersfoort | 6.0 | 4.1 | $4^{3}$ | $4^{8}$ | $0^{9}$ |
| | | | | | A.[1] | Gut |
| Kokaeder-Ungarn | | $2^{6}$ | 1.8 | $5^{3}$ | $9^{2}$ | $1^{6}$ |
| Tordaer „ | | $2^{8}$ | 1.9 | $5^{5}$ | $7^{3}$ | $0^{6}$ |
| Oyamada Japan (langgestielt) | | $2^{5}$ | 1.7 | $5^{4}$ | 5 | $0^{5}$ |

*) Der Chlorgehalt ist geschätzt.

| (nach Aeq.) | | | Zusammensetzung der Aschenbestandteile (auf Trockensubstanz) in Aequivalenten | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| + Sulfat zu: | | 1 Aeq. Chlorur zu | | | | | | | | | |
| Aeq. Alkalien | Aeq. Kali | Aeq. Kali | (Rein) Aschengehalt pCt. | Chlor Aeq. | $SO_3$ Aeq. | $K_2O$ Aeq. | $Na_2O$ Aeq. | CaO Aeq. | MgO Aeq. | $P_2O_5$ Aeq. | |
| ± 6 | ± $5^{5}$ | ± 10 | ± 15 | ± $1^{0}$ *) | $1^{4}$ | $13^{4}$ | $0^{3}$ | $17^{3}$ | $7^{6}$ | $4^{7}$ | Kosutány |
| $3^{8}$ | $3^{5}$ | 7 | $14^{1}$ | $1^{4}$ | $1^{6}$ | $10^{5}$ | $1^{1}$ | $17^{1}$ | $5^{8}$ | $3^{9}$ | „ |
| $3^{8}$ | $3^{7}$ | 15 | $15^{4}$ | $0^{55}$ | $1^{7}$ | $8^{4}$ | $0^{2}$ | $27^{1}$ | $11^{3}$ | $2^{6}$ | „ |
| $3^{1}$ | $2^{9}$ | 5 | $13^{3}$ | $1^{4}$ | $1^{1}$ | $7^{0}$ | $0^{6}$ | $23^{7}$ | $8^{5}$ | $1^{7}$ | „ |
| $2^{6}$ | $2^{2}$ | $6^{6}$ | $13^{3}$ | $0^{9}$ | $1^{8}$ | $6^{1}$ | $0^{9}$ | $17^{9}$ | $5^{55}$ | $3^{0}$ | „ |
| | | $4^{4}$ | | $2^{8}$ | | 10 | Spur ? | $18^{3}$ | n. b. | n. b. | v. B. |
| $1^{8}$ | | $4^{0}$ | $15^{5}$ | $2^{3}$ | $2^{8}$ | $9^{4}$ | Spur ? | 25 | $5^{3}$ | $2^{9}$ | „ |
| $1^{9}$ | | $3^{0}$ | $18^{3}$ | $4^{3}$ | $2^{7}$ | $13^{0}$ | Spur ? | $23^{3}$ | $7^{0}$ | $3^{0}$ | v. B. |
| **brennende Tabaksblätter.** | | | | | | | | | | | |
| $2^{6}$ | $2^{2}$ | 5 | $17^{7}$ | $1^{0}$ | $1^{6}$ | $5^{1}$ | $0^{2}$ | $34^{1}$ | $16^{1}$ | $4^{7}$ | Kosutány. |
| $1^{6}$ | $1^{5}$ | $3^{1}$ | $15^{9}$ | $2^{4}$ | $2^{5}$ | $7^{6}$ | $0^{1}$ | $27^{3}$ | $9^{6}$ | $3^{2}$ | |
| $1^{5}$ | $1^{4}$ | $2^{5}$ | $11^{8}$ | $2^{65}$ | $2^{2}$ | $6^{7}$ | $0^{7}$ | $17^{7}$ | $6^{9}$ | $1^{1}$ | Fesca und Imai. |

*(Fortsetzung der Tabelle VI.)*

| | Alkalinität als Differenz zwischen Alkalien u. Chlorur + Sulfat in Aeq. | Diese Differenz als $^0/_0 K_2CO_3$ berechnet (Auf 100 Teil. Trockensubstanz.) pCt. | Verhältniszahlen: 1 Aeq. Säuren zu: Aeq. Basen | 1 Aeq. Chlorur zu: Aeq. Karbonaten im Ganzen | 1 Aeq. Chlorur zu: Aeq. Alkali-Karbonaten |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | **B.** | **Schlecht** | |
| Java-Rembang Nicot. (J. 1878) | negativ — *1.4* | 0.0 | $3^4$ | $3^9$ | Alkali Karb. fehlt |
| Sieben andere Muster 1878 | negativ | 0 0 | | | |
| Japan-Shedaga (Yamura) | negativ — *2.8* | 0.0 | $3^1$ | $2^9$ | Idem |
| (Unbrennbar) Czokaer-Ungarn | negativ — *5.9* | 0.0 | $2^5$ | $2^2$ | Idem |
| Gyulaer „ [1]) | *0.8* | 0.5 | $4^5$ | $6^8$ | $0^{26}$ |
| Koksordoser „ | *2.2* | 1.5 | $2^4$ | $2^4$ | $0^3$ |
| | | | **B.**[1] | **Schlecht** | |
| Sikulaer [2]) Ungarn | $2^0$ | 1.4 | $6^8$ | $10^6$ | $0^8$ |
| Csegeer „ | $5^2$ | 3.6 | $5^6$ | $9^6$ | $5^7$ |
| Katahalmer „ | $6^2$ | 4.3 | $3^1$ | $4^6$ | $1^1$ |

---

[1]) *n. b.* bedeutet nicht bestimmt

[2]) Die Aequivalentzahlen sind erhalten mittels Teilung der Prozentzahlen durch

| (nach Aeq.) | | | Zusammensetzung der Aschenbestandteile (auf Trockensubstanz) in Aequivalenten. | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| + Sulfat zu: | | 1 Aeq. Chlorur zu | | | | | | | | | |
| Aeq. Alkalien | Aeq. Kali | Aeq. Kali | (Rein) Aschengehalt. pCt. | Chlor Aeq. | $SO_3$ Aeq. | $K_2O$ Aeq. | $Na_2O$ Aeq. | CaO Aeq. | MgO Aeq. | $P_2O_5$ Aeq. | |
| **brennende Tabaksblätter.** | | | | | | | | | | | |
| $0^{8}$ | | 3 | $18^{9}$ | $2^{3}$ | $6^{1}$ | $7^{0}$ | Spur ? | $35^{2}$ | $4^{1}$ | $5^{2}$ | v. B. |
| | | ± 3 | | 1.7 b. 3 | n. b. | 5 bis 7 | n. b. | 25 b. 33 | n. b. | n. b. | „ |
| $0^{7}$ | $0^{6}$ | $1^{0}$ | $14^{1}$ | $5^{6}$ | $3^{3}$ | $5^{5}$ | $0^{5}$ | $18^{3}$ | $11^{6}$ | $2^{7}$ | Fesca und Imai. |
| $0^{6}$ | $0^{56}$ | $1^{9}$ | 22 | 11 | $3^{5}$ | $8^{2}$ | $0^{4}$ | $30^{1}$ | $15^{0}$ | $6^{9}$ | Kosutány. |
| $1^{26}$ | $1^{1}$ | | | ± $0^{6}$ | ± $2^{5}$ | ± $3^{5}$ | ± 1 | ± 18 | ± 10 | | |
| $1^{3}$ | $1^{1}$ | $1^{2}$ | $13^{9}$ | $7^{1}$ | $0^{8}$ | $8^{7}$ | $1^{4}$ | $16^{7}$ | $4^{8}$ | $4^{6}$ | |
| **brennende Tabaksblätter.** | | | | | | | | | | | |
| $1^{8}$ | $1^{3}$ | 3 | | ± $1^{1}$ | ± $1^{8}$ | ± $3^{7}$ | ± $1^{3}$ | ± 20 | ± $8^{5}$ | ± $2^{0}$ | Kosutány. |
| $2^{5}$ | $1^{2}$ | 2 | $13^{4}$ | $2^{1}$ | $1^{1}$ | $4^{1}$ | $4^{5}$ | $21^{3}$ | $9^{2}$ | $3^{7}$ | |
| 2 | $1^{7}$ | $1^{9}$ | $15^{8}$ | $5^{1}$ | $0^{6}$ | $9^{7}$ | $2^{2}$ | $18^{6}$ | $8^{35}$ | $6^{9}$ | |

die Aequivalentgewichte und Multiplizierung mit Hundert.

und Tordaer werden von Kosutany als gut brennbar erwähnt; bei denselben fällt die niedrige Alkalinität und bei dem letzten auch noch die niedrige Verhältniszahl für Kali auf, welche $< 2$ ist, besonders wenn man die Zahlen vergleicht mit den schlecht brennbaren Tabaken $B^1$. Jedoch bei den Kokaeder und Tordaer ist die Verhältniszahl für Kali gegenüber Chlorur günstiger, und ist die Verhältniszahl der Carbonate günstig, ohne das Natron daran Anteil hat. Der Kalkgehalt ist nämlich hoch.

Dass Kalk und Kali zusammen einen günstigen Erfolg für die Brennbarkeit hervorbringen können, ist jedoch ohne weiteres nicht anzunehmen; denn, wenn der Chlor und der $SO_3$ Gehalt hoch sind gegenüber Kali, kann ein höheres Kalkgehalt das nicht gutmachen, wie der Nicot und der Czokaer lehren[1]).

Der langgestielte Oyamada Tabak weist allgemein nur schwache Verhältniszahlen auf, er ist wahrscheinlich weniger gut brennbar, oder er beweist noch mehr als der Amersfoort und der Mexico Tabak, dass eine gute Reife und Fermentirung diese äussersten Grenzen des Kali- und Kalkgehaltes gegenüber $Cl+SO_3$ noch zulässt, ohne das die Sämischkeit und die gute Brennbarkeit aufgehoben werden.

Auf der anderen Seite lässt sich wohl annehmen, dass ein Blatt, dessen minerale und pflanzensaure Salze die richtige Zusammensetzung haben, weil es keine gute Reife bei der Kultur erhalten hat, durch einen schlecht verlaufenen Fermentationsprozess verdorben werden kann.

Aus den obigen Analysen und Berechnungen erfolgt dieses Resultat: Die bis jetzt untersuchten sämischen und sehr gut brennbaren Blätter der besten und feinsten Qualität — die also die gute Reife, im Sinne der Tabakspflanzer erhalten und eine gute Fermentation erlitten haben — enthalten an 12—15 % minerale Bestandteile (ohne $SiO_2$), wenig Chlorure und Sulfate, kein oder nur sehr wenig Natron und soviel Kali, Kalk und Magnesia an Pflanzensäuren gebunden, dass in der Asche nicht allein das Verhältnis zwischen den Aeq. Karbonaten und Aeq. $Cl+SO_3$ hoch ist (nicht unter 7) sondern auch das Verhältnis zwischen

---

[1]) Die Summe der Prozente Kali und Kalk beträgt

| | | |
|---|---|---|
| bei den guten Tabaken | A | . . 9 — 12 pCt. |
| „ „ „ „ | $A^1$ | . . 8 — 12 pCt. |
| „ „ schlechten „ | B | . . 6 — 13 pCt. |
| „ „ „ „ | $B^1$ | . . 7 — 9 pCt. |

Aeq. K und ($Cl + SO_3$) nicht unter *2* beträgt. Auch giebt es noch gute Blätter, die reicher an $SO_3$ und Cl sind — in deren Asche also die obigen Verhältniszahlen niedriger sind — jedoch eine hohe Alkalinität in der Asche besitzen, wie der Amersfoort- und auch der Mexico-Tabak.

Unter den schlecht brennenden Tabaken findet man:

entweder die Alkalinität gleich null, oder sehr gering, weil der Cl- oder $SO_3$ Gehalt, oder beide, hoch gegenüber dem Kaligehalt sind,

oder den Kaligehalt niedrig im Verhältnis zum $Cl + SO_3$ Gehalt, wenn auch die Alkalinität nicht unbedeutend ist, weil das Kali teilweise durch Natron ersetzt ist.

Da jedoch einzelne Tabake als gut brennbar angegeben sind, die ein Verhältnis anzeigen von:

$<$ *2* Aeq. Kali auf *1* Aeq. Chlorur und Sulfat bei einer kleinen Alkalinität, bei einem hohen Kalkgehalt, und bei einem günstigen Verhältnis zwischen Carbonat und $Cl + SO_3$, so scheint es: das Alkalinität und Kaligehalt ziemlich niedrig sein können, ohne das die gute Qualität und Brennbarkeit verloren gehen — wenn nur kein Natron das Kali ersetzt und die Menge pflanzensauren Kali nicht zu niedrig ist. — Das weist am wahrscheinlichsten darauf, dass die gute Reife der Blätter und dabei die gute Fermentirung auch unter diesen Umständen erhalten werden kann.

Durch fortgesetzte Untersuchungen muss die Richtigkeit der oben gegebenen Betrachtungen geprüft werden, und dazu ist die nähere Untersuchung der Blätter während der Reifeperiode notwendig.

Wichtig ist dabei unter Anderen die Frage, inwieweit Kali durch Kalk ersetzt werden kann. In den besten Tabaken von verschiedenen Ländern ist die ganze Menge der Aschen-Bestandteile wenig verschieden; da nun auch die Menge Chlorure und Sulfate gering ist und wenig von einander abweicht, und da der Natrongehalt unbedeutend ist, so ist es nicht unwahrscheinlich, dass Kalk, (Magnesia) und Kali, die an Pflanzensäuren gebunden sind, sich bis zu einer gewissen Grenze ersetzen

können.[1]) In den Ungarischen und in den Japanischen Tabaken stellt sich die Magnesia zu dem Kalk wie *1* : ± *3* Aequiv., ebenso in einer der Delitabaken; in den anderen Deli- und den Malangtabaken wie *1* : *2* oder *1* : *4* Aeq.

Die reziproke Ersetzung des an Pflanzensäuren gebundenen Kalis, Kalkes und der Magnesia ist ein sehr wichtiger Gegenstand, jedoch fehlt es an Untersuchungsmaterial, um darüber etwas sicheres abzuleiten. Es wäre nötig, die Aufnahme und Bildung der Basen und Pflanzensäuren beim ganzen Entwickelungsprozess unter dem Einfluss von verschiedener Boden-Temperatur und Feuchtigkeit genau zu ermitteln.

---

[1]) Auch F. und I. achten ein Solches für wahrscheinlich.

Bei den gut brennenden Tabaken (unter A), die ein Aschengehalt haben von . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 12—14 pCt.
beträgt der Kali . . . . . . . . . . . . . . . . . . 6—14 Aeq.,
der Kalk . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 17—22 Aeq.,
die Summe von Kali und Kalk . . . . . . . . . . . . 24—33 Aeq.

Daraus lässt sich also noch nicht mit Sicherheit eine Ersetzung von Kali durch Kalk, oder umgekehrt, ableiten.

Leiden, 1. Dezember 1889.

# Mitteilungen aus der Königl. pflanzenphysiologischen Versuchs-Station zu Tharand.

## XLV.[1]) Über das Vorkommen des Bor im Pflanzenreich und dessen physiologische Bedeutung.

Von

Dr. EDUARD HOTTER,
Assistent.

### I.

### Das Vorkommen des Bor in Pflanzen.

Die Frage nach dem Vorkommen der Borsäure in den Pflanzen findet in neuerer Zeit eine grössere Beachtung, besonders nachdem von verschiedenen Seiten Borsäure in der Asche des Weines gefunden und als normaler Bestandteil desselben angesprochen worden ist.

Bis vor Kurzem war nur von wenigen Pflanzen, wie *Fucus vesiculosus* und *Zostera marina*[2]) ein Gehalt an Borsäure mit Sicherheit nachgewiesen worden, während bei den meisten Pflanzenaschen eine Prüfung auf diese Verbindung entweder übergangen wurde oder keinen Erfolg hatte.

Bei der Analyse californischer Weine fand Baumert[3]) in sämtlichen von ihm untersuchten Sorten Borsäure und sprach daher, da Fremery[4]) in zwei californischen Weinsorten, Zier-

---

[1]) Nr. XLIV, s. Bd. 36, S. 243.
[2]) Sachs, Handbuch d. Pflanzenphysiol. 1865, S. 116.
[3]) Landw. Vers.-Stat. Bd. 33, S. 39.
[4]) Ber. d. D. chem. Ges. 1885, S. 426.

fahndler und Gutedel, Borsäure nicht nachweisen konnte, die Vermutung aus, dass dieselben aus einem borsäurehaltigen Boden stammen, obgleich die Analyse der californischen Weinlandserde diese Vermutung nicht bestätigte. Der gleichfalls konstatierte Mangangehalt sämtlicher californischen Weine konnte dagegen durch die Bodenprüfung ausreichend erklärt werden.

Die neueren Untersuchungen von SOLTSIEN,[1]) RIPPER[2]) und BAUMERT,[3]) ausgedehnt auf eine grosse Anzahl Weine von verschiedenster Herkunft, auf die einzelnen Teile des Weinstockes (Rebholz, Blätter, Traubenstiele, Beeren), stellten unzweifelhaft fest, dass die Asche und die Produkte von Vitis Borsäure enthalten und diese Säure einen normalen Bestandteil des Weines bildet.

In scheinbarem Widerspruch mit dieser Annahme steht die bemerkenswerte Thatsache, dass in einigen Fällen in den untersuchten Weinproben kein Bor aufgefunden wurde, wie aus den Angaben von FREMERY[4]) und CRAMPTON,[5]) welche von 36 untersuchten Weinproben nur bei zweien keine Borsäure finden konnten, hervorgeht. Anschliessend daran will ich erwähnen, dass mir als damaligem Assistenten der K. K. Versuchs-Station zu Klosterneuburg im Herbste 1888 gelegentlich der Prüfung einer Anzahl Mostproben[6]) auf Borsäure nach der Vorschrift von RIPPER[7]) in einigen wenigen Fällen die Curcumapapierreaktion versagte.

Inzwischen mehrten sich die Angaben über Funde von Borsäure in den Pflanzenaschen, sodass angenommen werden kann, dass das Bor im Pflanzenkörper nicht vereinzelt, sondern in grösserer, vielleicht allgemeiner Verbreitung vorkommt. E. O. VON LIPPMANN[8]) fand nebst anderen selteneren Elementen in der Asche vieler Zuckermuster, Zuckerrüben und Rübenblätter Borsäure in nicht blos minimalen Mengen. Nach CRAMPTON[9]) ergab eine Aschenprobe in Oregon gewachsener Zuckerrüben

---

[1]) Pharm. Ztg. 1888, Bd. 33, S. 312 und 466.

[2]) Mitteilung aus C. SCHMITT's Laboratorium in Wiesbaden.

[3]) Ber. d. D. chem. Ges. 1888, S. 3290.

[4]) l. c.

[5]) Ber. d. D. chem. Ges. 1889, S. 1072.

[6]) Die Trauben waren den Weingärten von Krems entnommen und im Institute selbst gekeltert worden.

[7]) l. c.

[8]) Ber. d. D. chem. Ges. 1888, S. 3492.

[9]) l. c.

keine Reaktion; dagegen wies er Bor in der Asche von Blättern, Stielen, Holz und Früchten des Pfirsichbaumes und in 13 verschiedenen Aschenproben der Frucht der Wassermelone nach. Die Prüfung der Asche von Äpfeln, 12 Äpfelweinen und Zuckerrohr (aus Louisiana) war von keinem Erfolge begleitet.

Aus der Betrachtung der vorliegenden Beobachtungen, welche sich ausser auf die oben erwähnten Pflanzen zumeist nur auf zahlreiche Weinsorten verschiedener Länder und Bodenarten erstreckten und in der überwiegenden Mehrzahl ein Vorkommen von Borsäure konstatierten, erscheint der Schluss gerechtfertigt, dass die auf einem borsäurearmen Erdreich nur Spuren von Borsäure enthaltenden Pflanzen in Boden mit höherem Borgehalt dieses Element in grösseren Mengen aufnehmen werden, und ferner, dass bei Heranziehung grösserer Mengen Asche und Verwendung einer schärferen und vollkommneren Trennungsmethode auch die als borfrei betrachteten Pflanzen nur als „borarm" befunden werden dürften.

Die Reaktionen zum qualitativen Nachweis der Borsäure sind in ihrer Anwendung begrenzt. Die eine, beruhend auf der charakteristischen Flammenfärbung durch flüchtige Borverbindungen, wird beeinträchtigt durch ein etwaiges Vorhandensein von Kupfersalzen, sowie durch die Entstehung von Chloräthyl bei Anwendung von Äthylalkohol und Gegenwart von Chlormetallen; die andere, in der Rotfärbung des Curcumapapieres durch Borsäure bestehend, setzt die Abwesenheit gewisser Salze, besonders des Eisenchlorids, voraus, welches eine braunrote Färbung des Curcumapapieres hervorruft und so die eigentliche Rotfärbung durch Borsäure verdeckt.

Der Nachweis der Borsäure im Weine, wie er von Ripper mittelst der Cucumapapierreaktion mit der stark salzsauren Lösung der Weinasche ausgeführt wird, ist für diese wenig Eisen und Mangan enthaltende Asche sehr zweckmässig; er wird aber unbrauchbar, wenn die Pflanzenaschen grösseren Eisengehalt aufweisen, oder wenn eine grössere Aschenmenge zur Untersuchung gelangt. Im letzteren Falle, wo es sich darum handelt, minimale Mengen Borsäure von allen übrigen Aschenbestandteilen eventuell auch quantitativ zu trennen, führt eine von Gooch[1]) und Rosenbladt[2]) fast gleichzeitig ausge-

[1]) Chem. News 1887, 55, Bd. 7.

[2]) Zeitschr. f. anal. Chem. 1887, S. 18.

arbeitete Methode zum Ziele, welche sich auf die Überführung der Borsäure in ihren Methyläther und dessen Leichtflüchtigkeit gründet.

Die qualitative Prüfung nach der oben erwähnten Methode gestaltet sich in der Ausführung leicht und einfach. Kleine Aschenmengen werden direkt anfgearbeitet; bei grösseren verfährt man folgendermassen: die Asche wird in einer Platinschale wiederholt mit Wasser ausgekocht, und die filtrierten Auszüge werden zur Trockne verdampft. Der gepulverte Trockenrückstand oder auch geringe Aschenmengen werden dann in ein etwa 200 ccm fassendes Kölbchen gebracht, mit soviel konzentrierter Schwefelsäure übergossen, dass ein Brei entsteht, und sodann unter Abkühlung 50 ccm chemisch-reiner Methylalkohol, welcher sich beim Kochen mit Schwefelsäure nicht schwärzt, zufliessen gelassen. Es entwickelt sich gewöhnlich bei der Einwirkung der Schwefelsäure auf die Asche oder den Trockenrückstand Salzsäuregas, welches man durch Einblasen eines Luftstromes aus dem Kölbchen entfernt. Man kocht nun eine Stunde am Rückflusskühler, destilliert den Methylalkohol ab und fängt das Destillat in eine mit verdünnte Kalilauge (10 ccm einer 1 prozent. Lösung) beschickte Vorlage auf, wobei man das stumpfwinkelig gebogene Ende des Kühlrohres in die vorgelegte Flüssigkeit eintauchen lässt. Das Destillat wird sodann in einer Platinschale zur Trockne verdampft, der Rückstand in verdünnte Salzsäure (2 ccm Salzsäure und 6 ccm Wasser) gelöst und mit der Lösung die bekannte Curcumapapierreaktion angestellt.

Es möge hier noch erwähnt werden, dass bei nachstehenden Bestimmungen ein vor jeder Prüfung auf Borsäure ausgeführter Kontrolversuch mit denselben Quantitäten konzentrierter Schwefelsäure, Methylalkohol, Kalilauge und Salzsäure die Reinheit der angewandten Materialien stets bestätigte. Um jegliche Täuschung auszuschliessen, wurde auch niemals die von Vogel angegebene Gegenprobe verabsäumt, indem sowohl der durch Borsäure rotgefärbte, als auch der blos mit reiner Salzsäure getränkte, nach dem Trocknen einen in's Bräunliche gehenden Farbenton zeigenden Curcumapapierstreifen mit 1—2 Tropfen verdünnter Kalilauge befeuchtet wurde, worauf dann immer der Unterschied zwischen dem entstandenen braunroten und blaugrünen Fleck scharf hervortrat.

Zur Untersuchung gelangten eine grössere Anzahl von Obstfrüchten, Blätter und Zweige von Obstbäumen und Teile anderer Pflanzen. Von den erhaltenen Aschen wurde zunächst eine 1—1½ g betragende Menge in 10—15 ccm Salzsäure (4 proz.) gelöst und damit die bekannte Curcumapapierreaktion angestellt; ergab sich ein unsicheres oder negatives Resultat, so wurde eine grössere Aschenmenge der oben beschriebenen Ätherifikationsmethode, wie ich diesen auf Verflüchtigung des Borsäureäthers basierten Nachweis nennen möchte, unterzogen.

Auf diesem Wege gelang es, in sämtlichen untersuchten Aschenproben Borsäure aufzufinden, wie aus nachstehender Tabelle ersichtlich wird.

| Untersuchtes Pflanzen-Material. | Anzahl u. Gewicht d. untersuchten Aschenproben. | Rotfärbung durch die | |
|---|---|---|---|
| | | Curcuma-papier-Reaktion. | Ätherifika-tions-Methode |
| Äpfel* | 1) 0,53 2) 0,74 3) 1,1 g | 1—3) stark | — |
| Birnen* | 1) 0,70 2) 0,72 3) 0,74 4) 0,79 g | 1–4) stark | — |
| Blätter und Zweige eines Birnbaumes | 1) 0,85 2) 3,81 3) 6,88 g | 1) keine 2) undeutlich | 3) stark |
| Kirschen* | 1) 0,4 2) 1,4 g | 1) deutlich 2) stark | — |
| Sauerkirsche | 0,7 g | stark | — |
| Blätter und Zweige eines Sauerkirsch-baumes | 1,19 g | deutlich | — |
| Zwetschen | 1,2 g | deutlich | — |
| Preiselbeeren | 0,50 g | deutlich | — |
| Heidelbeeren | 1) 0,49 2) 3,74 g | 1) keine | 2) stark |
| Himbeeren | 1) 0,98 2) 2,90 g Asche stark Mangan haltig | 1) s. schwach | sehr stark |
| Brombeeren | 1) 0,5 2) 2,43 g | 1) undeutlich | 2) stark |
| Hollunder-beeren | 3,47 g | — | sehr stark |
| Feigen | 1) 0,72 2) 0,95 3) 1,39 g | 1—2) deutlich 3) stark | — |
| Apfelsinen | 1) 0,57 2) 0,51 g | 1—2) deutlich | — |
| Klee | 1) 2,40 2) 50,1 g | 1) keine | 2) stark |
| Wiesenheu | 1) 2,20 2) 23,5 g | 1) keine | 2) deutlich |
| Cigarren | 1) 2,21 2) 20,70 g | 1) keine | 2) deutlich |
| Getrocknete Pressrückstände v. Gutedel-Trauben. | 1) 0,60 2) 20,6 g | 1) undeutlich | 2) sehr stark |

*) Das Obst war von verschiedenen Gegenden Sachsens bezogen worden.

Hiernach sind die Früchte der untersuchten Obstbäume verhältnismässig reich an Borsäure; daran schliessen sich die Beerenfrüchte, welche indessen fast in allen Fällen schon die Aufarbeitung grösserer Aschenmengen beanspruchen, als erstere. Die übrigen untersuchten Materialien erweisen sich arm an Borsäure. Ferner ergiebt sich, dass, wie im Traubenweine, auch in allen Obst- und Beerenweinen ein Borsäurebefund nicht durch einen Zusatz dieses als Konservierungsmittel zur Verwendung kommenden Stoffes seine Erklärung zu finden braucht. Die diesbezügliche Untersuchung von 300 ccm eines reinen Äpfelweines vom spez. Gewicht 1,005, mit einem Gehalte von 3,18 % Extrakt und 0,26 % Mineralstoffen liess mit Gewissheit Borsäure feststellen.

---

## II.

## Die physiologische Wirkung des Bor in der Pflanze.

Aus den im ersten Teile gemachten Mitteilungen wird ersichtlich, dass die Verbreitung der Borsäure in den Pflanzen eine wenn auch spärliche, doch grössere ist, als man bisher angenommen hatte. Schon aus diesem Grunde bot es Interesse, die physiologische Wirkung der Borsäure auf den pflanzlichen Organismus näher kennen zu lernen.

Die Beobachtung von E. Peligot,[1]) welcher eine schädliche Wirkung der Borsäure und ihrer Alkalisalze auf Bohnenpflanzen wahrnahm, welche er mit Lösungen dieser Substanzen begoss, hatte die Bedenken der Feld- oder Bodenversuche gegen sich, welche unter den chemischen und physikalischen Einflüssen des Erdreiches der Einfachheit und Durchsichtigkeit entbehren, wie sie die Wasserkultur bietet.

Bereits im Sommer 1878 sind an der hiesigen Versuchs-Station Vegetationsversuche über die physiologische Wirkung des Bor mit Soja hispida ausgeführt worden. Am 27. Juni 1878 wurden 4 Sojabohnenpflanzen in eine 50 mg krystallisierte Borsäure pro Liter $\left(\frac{1}{20.000}\right)$ enthaltende Nährstofflösung eingesetzt und die Lösung später mehrmals erneuert. Nur eine der vier Pflanzen hat es zur Bildung einer Frucht mit zwei reifen

[1]) Compt. rend. 1876, 83, 490.

Samen gebracht. Die Pflanzen vertrockneten nach und nach bis auf die höchsten Blätter, und ihr Trockengewicht übertraf nicht wesentlich das des Samen.

Im Auftrage des Herrn Geh. Hofrat NOBBE nahm ich im Sommer 1889 die Untersuchung über die physiologische Wirkung der Borsäure im ausgedehnterem Massstabe wieder auf.

Die leitenden Gesichtspunkte für diese erneute Untersuchung waren folgende:

Es sollte zunächst die untere Grenze der schädlichen Wirkung der Borsäure bei verschiedenen Pflanzengattungen festgestellt werden, indem der Zusatz der Borverbindung, teils als freie Säure, teils in Form der Alkalisalze, zu der Nährstofflösung in abgestuften Mengen erfolgte, um so die Wirkung der Borsäure auf die Versuchspflanzen hinsichtlich der Stärke und der Zeitdauer ihres Eintrittes zu beobachten.

Eine Reihe von Versuchen sollte dann über die Art der Einwirkung der freien und gebundenen Säure (ihrer Salze), sowie über eine möglicherweise hervortretende Verschiedenheit im Verhalten des Kalium- und Natriumsalzes gegen die Versuchspflanzen Aufklärung geben. — Ferner wurde die Verteilung der aufgenommenen Borsäure inbetracht gezogen, ob eine Anhäufung oder eine mehr regelmässige Verbreitung derselben durch den ganzen Pflanzenleib sich vollziehen würde. Für die Versuche dienten die Gattungen Pisum und Zea, als Vertreter zweier verschiedenen Gruppen des Pflanzenreiches.

---

## A.

## Versuche mit Pisum sativum.

100 Stück „grosse Sächsische Landerbsen“ im Gewichte von 29,15 g und mit einer Keimungsenergie von 95 % (in 3 Tagen) wurden am 29. Mai 1889 nach 12stündiger Vorquellung in das Keimbett gebracht und am 30. die besten Keimlinge auf Gaze in destilliertes Wasser, sodann in $^1/_2$ ‰ und später in 1 ‰ Nährstofflösung [1]) eingesetzt.

[1]) Diese enthält, wie in Tharand üblich, auf 1 Liter: 0.710 g $Ca(NO_3)_2$; 0.161 $KCl$; 0.129 g $MgSO_4$; 0.133 g $KH_2PO_4$; 0.033 g $FePO_4$; Summa 1.166 g pro Liter.

**1. Versuch.** — Am 19. Juni erhalten 4 nunmehr 19 Tage alte, gleichmässig entwickelte Erbsenpflanzen in dem durch die angegebenen Messungen gekennzeichnetem Entwicklungsstadium folgende Zusätze von Borsäure zur Nährstofflösung.

| Pflanze No. | I<br>10 mg | II<br>50 mg | III<br>100 mg | IV.<br>1000 mg | Vergleichspflanze |
|---|---|---|---|---|---|
| Borsäure pro Liter | = $\frac{1}{100.000}$ | $\frac{1}{20.000}$ | $\frac{1}{10.000}$ | $\frac{1}{1000}$ | — |
| Höhe der Pflanze | 770 mm | 740 mm | 640 mm | 740 mm | 710 mm |
| Blattzahl | 9 | 9 | 10 | 10 | 9 |
| Reaktion der Nährstoff-Lösung | neutral | sehr schwach sauer | schwach sauer | etwas stärker sauer | neutral |

Nach 3 Tagen traten zuerst bei Pflanze No. IV (1000 mg pro Liter) Krankheitserscheinungen auf. Eine nach 5 Tagen (24. Juni) vorgenommene Besichtigung der Versuchspflanzen ergab:

No. I $\left(\frac{1}{100.000}\right)$ hat 1 neues Blatt entwickelt; Höhenzuwachs 50 mm. Die 3 unteren Blätter zeigen im Blattgewebe, besonders an den Rändern, eingetrocknete, gebleichte, gelblich-weisse Partien, Säureflecken ähnlich.

No. II $\left(\frac{1}{20.000}\right)$ von den 10 Blättern der Hauptaxe sind die 5 unteren, von den 6 Blättern der Nebenaxe 4 mit Flecken behaftet. Höhenzuwachs 50 mm.

No. III $\left(\frac{1}{10.000}\right)$ ist stärker affiziert; 7 Blätter sind gefleckt. Der Zuwachs beträgt 30 mm und 1 Blatt.

Bei No. IV $\left(\frac{1}{1000}\right)$ sind die unteren 8 Blätter fahl, am abtrocknenden Rande nach der Oberseite aufgerollt; die Blattoberfläche ist mit grösseren Flecken, als bei den übrigen Pflanzen, besetzt. 3 Blätter sind dürr. Höhezuwachs 40 mm, kein Blatt neu gebildet.

Nach **11 Tagen** (30. Juni) ist No. IV $\left(\frac{1}{1000}\right)$ vollständig abgestorben. Die Vertrocknung der Pflanze ist bis zur äussersten Spitze fortgeschritten, bei den Blättern unter fahlgelblicher Entfärbung. Die Wurzeln sind sämtlich tot.

Bei No. III $\left(\frac{1}{10.000}\right)$ ist ein weiterer Wurzelzuwachs nicht mehr zu erwarten; die unteren 8 Blätter sind gefleckt.

Bei No. II $\left(\frac{1}{20.000}\right)$ sind an der Hauptaxe 8, an der Nebenaxe 4 Blätter mit eingetrockneten Flecken besetzt, während No. I $\left(\frac{1}{100.000}\right)$ keinen weiteren Fortschritt der Krankheitssymptome erkennen lässt. Die Zunahme im Wachstume betrug nach dieser 11tägigen Vegetationsperiode:

| Pflanze No. | I | II | III | IV | Vergleichs-pflanze |
|---|---|---|---|---|---|
| Zuwachs<br>Blattvermehrung | 248 mm<br>5 | 273<br>4 | 240<br>4 | 120<br>3 | 220<br>5 |

Die Pflanzen II, III und IV wurden hierauf geerntet, jede derselben in eine untere Hälfte, den erkrankten Stengelabschnitt mit den sichtbaren Vergiftungserscheinungen, und in eine obere Hälfte mit den gesunden, grünen, frischen Fiederblättern, zerschnitten und jede Hälfte gesondert auf Borsäure geprüft.

Pflanze I $\left(\frac{1}{100.000}\right)$ besitzt nach 37 tägiger Versuchsdauer am 26. Juli, dem Erntetag, eine Höhe von 1640 mm (Zuwachs 870 mm), 23 Fiederblätter und 1 Blüte (Neubildung 14 Blätter), trägt 4 Seitenzweige, von welchen nur der aus dem zweiten Blatte (von unten) entspringende Flecken zeigt. Die unteren Blätter der Hauptaxe sind vertrocknet, die weiteren oft von einem vollständigen Saume eingetrockneten, fahlen Blattgewebes eingefasst. Die Seitenzweige und der obere Teil der Pflanzen sind saftig-grün, ihre Blätter gesund. Die Untersuchung hatte folgendes Ergebnis:

| No. der Pflanze | Trockensubstanz des oberen gesund. Teiles g | Trockensubstanz des unteren erkrkt. Teiles g | Gesamt-Trock.-substanz g | Asche des oberen gesunden Teiles g | Asche des unteren erkrankten Teiles g | Gesamt-Asche g | Gesamtmenge der Borsäure mg 1) | 100 000 T. Tr.-substanz enthalt. T. Borsäure | Reaktion auf Curcuma-papier |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 1.0935 | 1.8575 | 2.951 | 0.094<br>8.60% | 0.191<br>10.28% | 0.285<br>9.66% | 0.24 | 8 | s. schwache Rotfärbung |
| II | 0.766 | 0.603 | 1.369 | 0.106<br>13.84% | 0.091<br>15.09% | 0.197<br>14.39% | 0.60 | 44 | deutliche Rotfärbung |
| III | 0.343 | 0.4415 | 0.7845 | 0.041<br>11.95% | 0.060<br>13.59% | 0.101<br>12.87% | 0.60 | 76 | deutliche Rotfärbung |
| IV | — | — | 0.5385 | — | — | 0.065<br>12.07% | 3.00 | 557 | sehr starke Rotfärbung |

[1]) Siehe S. 457.

**2. Versuch.** — 3 gesunde, saftig-grüne Erbsenpflanzen, in 1 Litergefässen vegetierend, mit einer durchschnittlichen Höhe von 1020 und mit 12 Blättern wurden am 22. Juni mit Zusätzen einer 1prozent. Borsäurelösung, welche durch Kalilauge neutralisiert[1]) worden war, versehen.

| Pflanze No. | V<br>50 mg | VI<br>100 mg | VII<br>1000 mg |
|---|---|---|---|
| Borsäure pro Liter | = $\frac{1}{20.000}$ | $\frac{1}{10.000}$ | $\frac{1}{1000}$ |

Da durch die Zugabe von borsaurem Alkali die Konzentration der Nährstofflösungen, besonders der Pflanze VII, stark vermehrt worden war, so wurde eine Kontrolpflanze VIIa (Höhe 1020 mm und 12 Blätter) in eine 4 ‰ Nährstofflösung eingesetzt.

Der Verlauf dieses Vegetationsversuches war folgender:

Nach **10 Tagen**, am 2. Juli, erscheinen bei Pflanze No. V $\left(\frac{1}{20.000}\right)$ 10, bei Pflanze No. VI $\left(\frac{1}{10\,000}\right)$ 12 Blätter mit Flecken behaftet zunächst an den Blatträndern, welche gleichzeitig sich nach innen einrollen. Bei Pflanze No. VII $\left(\frac{1}{1000}\right)$ sind die 8 unteren Blätter vollständig dürr, von fahlgelber Farbe, die weiteren 4 erkrankt, dagegen die Spitze der Pflanze noch grün und straff aufgerichtet. Die Wurzel höherer Ordnung der Pflanzen VI und VII sind abgestorben und von gelber Farbe. Bei der Kontrolpflanze VIIa. beginnen die unteren Blätter zu vertrocknen, im Übrigen ist dieselbe gesund, die Blätter ohne Flecken.

| Pflanze No. | V<br>$\frac{1}{20.000}$ | VI<br>$\frac{1}{10.000}$ | VII<br>$\frac{1}{1000}$ | Kontrolpflanze (4 ‰ Nährstofflösung) |
|---|---|---|---|---|
| Höhezuwachs | 475 mm | 385 mm | 140 mm | 320 mm |
| Blattvermehrung | 4 | 3 | 1 | 3 |

Am 4. Juli, nach 12tägiger Dauer, wurde der Versuch mit No. V und VI abgeschlossen, dagegen No. VII noch in

[1]) Die Alkaliborate erleiden bekanntlich durch Wasser eine Zersetzung in Borsäure und freies Alkali; erst bei einem Überschuss von Borsäure in der Lösung reagiert letztere neutral.

Beobachtung belassen. No. V besitzt jetzt 16 Fiederblätter, darunter nur die 5 oberen von normalgrünem Aussehen, und eine Höhe von 1570 mm; No. VI mit 17 Blättern und 3 frischen, grünen, keine Flecken aufweisenden Seitentrieben, hat eine Höhe von 1480 mm erreicht. Die Vertrocknung war bei No. VII nach 20 Tagen (13. Juli) bis zum Gipfel vorgeschritten, zu gleicher Zeit eine Höhezunahme nicht nachweisbar; die Pflanze hat eine Höhe von 1220 mm und 15 Fiederblätter. Eine Mitwirkung bei der ungünstigen Entwicklung der Pflanze No. VII. ist jedenfalls der zu hohen Konzentration der Nährstofflösung zuzuschreiben, denn auch die Kontrolpflanze VIIa, in 4 ‰ Nährstofflösung, ohne Bor, gezogen, ist nach 43 Tagen, allerdings ohne Fleckenbildung, abgestorben, im unteren Teile völlig vertrocknet, während der obere grüne Teil Welkung zeigt.

| No. der Pflanze | Trockensubstanz des oberen gesund. Teiles g | Trockensubstanz des unteren erkrkt. Teiles g | Gesamt-Trock.-substanz g | Asche des oberen gesunden Teiles g | Asche des unteren erkrankten Teiles g | Gesamt-Asche g | Gesamtmenge der Borsäure mg | 100 000 T. Tr.-substanz enthalt. T. Borsäure | Reaktion auf Curcuma-papier |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| V | 0.3355 | 0.9675 | 1.301 | 0.033 9.89 % | 0.124 12.81 % | 0.157 12.06 % | 2.1 | 16 | starke Rotfärbung |
| VI | 0.4485 | 1.037 | 1.4855 | 0.044 9.81 % | 0.147 14.18 % | 0.191 12.86 % | 3.0 | 202 | starke Rotfärbung |
| VII | — | — | 0.8635 | — | — | 0.108 12.51 % | 3 | 347 | sehr starke Rotfärbung |
| VIIa | — | — | 2.630 | — | — | 0.423 16.08 % | — | — | keine Reaktion |

Vergleicht man das nach 10tägiger Vegetationsperiode erhaltene Krankheitsbild der Pflanzen V—VII mit dem des ersten Versuches, so ist nicht zu verkennen, dass die Erkrankung der Pflanzen in den Lösungen mit borsaurem Kali in schwächerem Grade auftritt, als bei Zusatz freier Borsäure, wie sich sowohl aus dem späteren Erscheinen und dem geringeren Umfange der eingetrockneten Blattgewebsstellen, als auch aus der verminderten Anzahl der angegriffenen Blätter ergiebt.

**3. Versuch.** — Am 2. Juli werden 4 Erbsenpflanzen in Nährstofflösungen mit verschiedenen Mengen von Borax eingesetzt. Zur Herstellung dieser Lösungen wurden 4,073 g zu Glas geschmolzenen Borax in 1 Liter Wasser gelöst, sodass je 1 ccm der Lösung 10 mg Borsäure entspricht, und je 1, 5, 10 und 100 ccm dieser Lösung im Literkolben mit Nährstofflösung bis zur Marke aufgefüllt.

| Pflanze No. | VIII<br>10 mg | IX<br>50 mg | X<br>100 mg | XI<br>1000 mg |
|---|---|---|---|---|
| Gehalt an Borsäure pro Liter | $= \frac{1}{100.000}$ | $\frac{1}{20.000}$ | $\frac{1}{10.000}$ | $\frac{1}{1000}$ |
| Höhe der Pflanze | 1240 mm | 1200 mm | 1050 mm | 1450 mm |
| Blattzahl | 15 | 16 | 14 | 17 |
| Reaktion der Nährstofflösung | neutral | sehr schwach alkalisch | sehr schwach alkalisch | stärker alkalisch |

Der Versuch bot in seinem ganzen Verlauf die bei dem vorigen Versuche beschriebenen Krankheitserscheinungen dar; es war kein von der Kalireihe verschiedenes Symptom wahrzunehmen. An der Pflanze No. XI ist schon kurze Zeit nach der Einsetzung in die Boraxlösung die Giftwirkung, und zwar zunächst an den älteren Blättern, sichtbar; dann folgen No. X und IX, während bei No. VIII erst nach einem viel grösseren Zeitraume eine krankhafte Veränderung der Organe durch die charakteristische Fleckenbildung zum Ausdrucke kommt.

Pflanze No. XI $\left(\frac{1}{1000}\right)$ ist nach **15tägiger** Einwirkungsdauer, am 17. Juli, bis auf die noch saftig-grüne Spitze vollständig vertrocknet; sie misst 1600 mm und hat 19 Fiederblätter. Bei No. X $\left(\frac{1}{10.000}\right)$ (Höhe 1340 mm) mit 18 Blättern und einem 10blättrigen Nebenzweige, sowie bei No. IX $\left(\frac{1}{20.000}\right)$ (Höhe 1450 mm) mit 19 Blättern und einem 14blättrigen Seitensprosse sind Blatt 1—13 des Stengels erkrankt; bei No. IX tritt jedoch mehr die Fleckenbildung hervor, während bei No. X breite Randstreifen eingetrockneten Blattgewebes die augenscheinlich stärkere Wirkung erkennen lassen. Pflanze No. VIII $\left(\frac{1}{100.000}\right)$ hat nach **21 Tagen** eine Höhe von 1600 mm erreicht, besitzt 20 Blätter, davon die 4 unteren affiziert, und 3 Seitensprosse, von welchen der untere mit seinen 2 Blättern gänzlich verdorrt ist.

Die qualitative Prüfung und die aus Färbung des Curcumapapiers annähernd quantitativ bestimmte Menge der Borsäure[1]) in der Asche des gesunden und kranken Pflanzenteiles bestätigte das schon bei den beiden vorigen Versuchen gewonnene Resultat einer annähernd gleichmässigen Ablagerung der aufgenommenen Borsäure durch die ganze Pflanze. Eine schädliche Wirkung zeigt sich zuerst an den älteren Organen.

| No. der Pflanze | Trockensubstanz des oberen gesund. Teiles g | Trockensubstanz des unteren erkrkt. Teiles g | Gesamt-Trock.-substanz g | Asche des oberen gesunden Teiles g | Asche des unteren erkrankten Teiles g | Gesamt-Asche g | Gesamt-menge der Bor-säure mg | 100 000 T. Tr.-substanz enthalt. T. Bor-säure | Reaktion auf Curcuma-papier |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VIII | 2.079 | 0.7465 | 2.8255 | 0.188 } 9.02% | 0.014 } 15.20% | 0.302 } 10.64% | 0.6 | 21 | schwache Rotfärbung |
| IX | 0.494 | 0.650 } Seitensprosse 1.391 | 2.535 | 0.043 } 8.70% | 0.060 } 9.23%; Seitensprosse 0.167 } 12.00% | 0.270 } 10.65% | 2.1 | 83 | deutliche Rotfärbung |
| X | 0.3135 | 1.6085 | 1.922 | 0.027 } 8.61% | 0.173 } 10.76% | 0.200 } 10.40% | 2.1 | 109 | starke Rotfärbung |
| XI | — | — | 2.137 | — | — | 0.242 } 11.32% | 3 | 140 | sehr starke Rotfärbung |

Der Zusammenhang, welchen die einwirkenden wechselnden Mengen des Giftes auf die Massenproduktion und das Wachstum sämtlicher Versuchspflanzen innerhalb eines gleichen Zeitraumes (10—11) Tage ausüben, wird durch folgende Zusammenstellung ersichtlich.

---

[1]) Vergl. S. 457.

| | Freie Borsäure | | | | Kaliumborat | | | Natriumborat | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Versuchs-No. | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI |
| Zusatz von mg Borsäure pro Liter | 10 oder: $\frac{1}{100.000}$ | 50 $\frac{1}{20.000}$ | 100 $\frac{1}{10.000}$ | 1000 $\frac{1}{1000}$ | 50 $\frac{1}{20.000}$ | 100 $\frac{1}{10.000}$ | 1000 $\frac{1}{1000}$ | 10 $\frac{1}{100.000}$ | 50 $\frac{1}{20.000}$ | 100 $\frac{1}{10.000}$ | 1000 $\frac{1}{1000}$ |
| Höhezuwachs in mm | 248 | 273 | 240 | 120 | 475 | 385 | 140 | 360 | 250 | 290 | 150 |
| Blattvermehrung | 5 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 1 | 5 | 3 | 4 | 2 |
| Organische Trockensubstanz in g | 2.666 | 1.172 | 0.684 | 0.474 | 1.144 | 1.295 | 0.756 | 2.525 | 2.265 | 1.722 | 1.931 |

## B.

## Versuche mit Zea Mais.

100 Pferdezahnmaiskörner von 35,85 g Gewicht und mit einer Keimungsenergie von 68 % (in 3 Tagen) wurden am 1. Juni zum Keimen angesetzt. Die Keimlinge brachte man zunächst wieder in destilliertes Wasser, sodann in $^1/_2$ ‰ Nährstofflösung, bis sie 9—10 cm lang waren. Am 7. Juni wurden 17 der bestentwickelten Pflänzchen in 1 Liter fassende Glascylinder mit 1 ‰ Nährstofflösung eingesetzt.

**1. Versuch.** — 6 kräftige Induviduen von durchschnittlich 600 mm Höhe, mit 6—7 Blättern und üppig wucherndem, weissem, atlasglänzendem Wurzelsystem bekamen am 29. Juni zur Nährstofflösung Zusätze von Lösungen freier Borsäure (No. I—IV), bezw. von mit Kalilauge neutralisierter Borsäure[1]) (No. V und VI). Der Zusatz betrug pro Liter:

[1]) Also eine Lösung neutralen Salzes und freier Borsäure.

| Pflanze No. | I 10 mg | II 50 mg | III 100 mg | IV 1000 mg | V 100 mg | VI 1000 mg |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\frac{1}{100.000}$ | $\frac{1}{20.000}$ | $\frac{1}{10.000}$ | $\frac{1}{1000}$ | $\frac{1}{10.000}$ | $\frac{1}{1000}$ |
| Reaktion der Nährstofflösung | neutral | sehr schwach sauer | schwach sauer | stärker sauer | neutral | neutral |

Nach 5 Tagen treten zuerst bei Pflanze No. IV $(\frac{1}{1000})$ und No. VI $(\frac{1}{1000})$ Krankheitserscheinungen zu Tage, indem bei beiden Pflanzen die 2 unteren Blätter welk und schlaff herabhangen, während der Zustand der übrigen Pflanzen keine äusserliche Störungen im Wachstume erkennen lässt. Nach 12tägiger Einwirkung der Borsäure (11. Juli) gestaltete sich das Krankheitsbild der Pflanzen folgendermassen:

Freie Borsäure. — No. I $(\frac{1}{100.000})$. Das unterste Blatt ist verdorrt, die 2 nächsten an der Spitze vertrocknet. Wurzel gesund. — No. II $(\frac{1}{20.000})$. Die 2 unteren Blätter tot, Wurzeln weiss, frisch. — No. III $(\frac{1}{10.000})$. Die 2 unteren Blätter dürr, die Spitzen der 3 weiteren Blätter vertrocknet, sämtlliche Blätter aber straff, schön grün. Die älteren Wurzeln krank. — No. IV $(\frac{1}{1000})$. Die 2 unteren Blätter, sowie die Hälften der 2 nächsten dürr, sämtliche Blätter welk, das oberste Internodium stark verkürzt, Wurzeln gelblich, in Zersetzung begriffen. Seit Beginn des Versuchs kein Zuwachs. Die Pflanze ist im Absterben.

Neutralisierte Borsäure — No. V $(\frac{1}{10.000})$. Die Spitzen der 3 unteren Blätter vertrocknet, Wurzeln weiss und gesund. No. VI $(\frac{1}{1000})$. Die Pflanze ist tot. Die Wurzeln haben gelbliche Farbe, die Blätter sind welk, schlaff herabhängend. Ein Zuwachs hat nicht stattgefunden.

Nach 37 Tagen (5. August) war der Zustand der Pflanzen wie folgt:

Freie Borsäure. — No. I $(\frac{1}{100.000})$. Das unterste Blatt ist abgestorben, das nächste auf eine Länge von 120 mm abwärts gebleicht und vertrocknet. Wurzeln kräftig. No. II $(\frac{1}{20.000})$. Die 6 unteren Blätter sind an den Spitzen vertrocknet und zeigen Flecken. Die Spitzen der älteren Wurzeln umgelegt. No. III $(\frac{1}{10.000})$. Die 2 unteren Blätter dürr, die 2 nächsten bis 140 mm herab vertrocknet. Die weiteren Blätter zeigen

7—12 mm lange und 2 mm breite weisse Flecken. Wurzeln höherer Ordnung an den Spitzen umgebogen.

Neutralisierte Borsäure. — No. V $\left(\frac{1}{10.000}\right)$. Das unterste Blatt braun, die jüngeren an den Spitzen vertrocknet und mit zahlreichen 8 mm langen und 1 mm breiten Flecken besetzt.

Am 10. September (nach 72 Tagen) wurde der Versuch abgeschlossen. Das Ernteergebnis ist nachstehend kurz zusammengefasst.

Pflanze Nr. I hat eine Höhe von 1450 mm und 16 Blätter. Die Wurzeln reichen fast bis zum Boden des 5 Litercylinders hinab, und die Fasern 3. und 4. Ordnung sind sämtlich frisch und gesund. Die beiden untersten Blätter sind tot, die 2 nächsten zeigen streifenartige, eingetrocknete Blattpartieen. Die Pflanze besitzt eine männliche Blüte. Bei Pflanze No. II mit einer Höhe von 1180 mm und 16 Blättern sind die älteren Primordialwurzeln im Zustande der Zersetzung, die neueren gesund, aber nicht sehr lang. Die unteren 7 Blätter sind vollständig abgestorben, die 2 folgenden an der Spitze vertrocknet, die weiteren chlorotisch. Es ist kein Blütenansatz zu bemerken. Die inneren (ältesten) Wurzeln der Pflanze No. III sind teilweise zersetzt, während die neueren als kräftige Adventivwurzeln wuchern. Die Fläche des 3. und 4. Blattes weist zahlreiche, chlorophylllose Flecken (11 mm lang und 2 mm breit) auf. Die übrigen Blätter sind saftgrün mit blendend-weisser Mittelrippe. Die Pflanze hat eine Höhe von 1230 mm erreicht, 15 Blätter und eine männliche Blüte produziert. Das Aussehen der Pflanze No. V ist nicht wesentlich verschieden von No. III. Auch hier sind die älteren Wurzeln, welche nicht den Gefässboden erreichen, gelblich, völlig abgestorben; zugleich hat aber Neubildung zahlreicher, 5—6 cm langer Adventivwurzeln stattgefunden. Von den 14 Blättern sind die 5 unteren ganz verdorrt, die beiden folgenden mit sommersprossenartigen, chlorophylllosen, eingetrockneten Blattflecken besetzt und die übrigen meist an den Rändern von vertrocknetem Gewebe eingesäumt. Eine männliche Blüte.

Das Zuwachsverhältnis weist seit 5. August, also seit 37 Tagen, wenn auch keine bedeutenden, doch immerhin bemerkbare Unterschiede auf:

| Pflanze No. | I. | II. | III. | V. | Vergleichspflanze |
|---|---|---|---|---|---|
| | $\frac{1}{100.000}$ | $\frac{1}{20.000}$ | $\frac{1}{10.000}$ | $\frac{1}{10.000}$ | — |
| Höhezuwachs | 880 mm | 530 mm | 690 mm | 520 mm | 720 mm |
| Blattvermehrung | 7 | 4 | 5 | 4 | 7. |

Während bei den Pflanzen $\left(\frac{1}{100.000}\right)$ sich der Unterschied zwischen der Versuchs- und Kontrolpflanze wenig geltend macht, ist bei den Pflanzen $\left(\frac{1}{20.000}\right)$ und $\left(\frac{1}{10.000}\right)$, trotz des erheblichen oberirdischen Wuchses, aus der Gelbfärbung und glasigen Beschaffenheit der Wurzeln eine Erkrankung der Pflanzen zu erkennen.

Zur Untersuchung wurden die geernteten Maispflanzen in drei Teile zerschnitten und von jedem derselben Trockensubstanz, Asche und Borsäure bestimmt.[1])

Die Untersuchungsresultate sind in folgender Tabelle (S. 454) zusammengefasst.

**2. Versuch.** — 4 Pflanzen, durchschnittlich 550 mm hoch, mit 7—8 gut ausgebildeten Blättern und schön weissem Wurzelstystem wurden am 2. Juli in mit Boraxzusätzen versehene frische Nährstofflösung gebracht.

| Pflanze No. | VII<br>10 mg | VIII<br>50 mg | IX<br>100 mg | X<br>1000 mg |
|---|---|---|---|---|
| Zusatz v. Borsäure p. l. | $= \frac{1}{100.000}$ | $\frac{1}{20.000}$ | $\frac{1}{10.000}$ | $\frac{1}{1000}$ |
| Reaktion der Nährstofflösung | neutral | sehr schwach allkalisch | schwach alkalisch | stärker allkalisch |

Dieser Versuch ergab im Wesentlichen dasselbe Resultat wie die vorigen. Bei einem Zusatze von $\frac{1}{1000}$ Borsäure als Borax ging die Pflanze nach 20 Tagen ein. Die Pflanzen No. VIII und IX erleiden erst nach geraumer Zeit sichtliche Störungen des vegetativen Lebens, welche sich in der Wurzelbildung und in den mehrerwähnten Blattflecken äusserlich kundgaben. Von den älteren Blättern aus schreitet die Giftwirkung allmählich zu den jüngeren fort und erzeugt schliesslich ein völliges Vertrocknen und Absterben der Blätter. Auch die Anzahl und Flächenausdehnung der Flecken wächst in demselben Verhältnisse, wie die dargereichte Menge der Borsäure erhöht wird. Am 5. August, nach 34 tägiger Einwirkung trug No. VII 2—4 mm lange und 1—2 mm breite, hingegen No. VIII und IX viel zahlreichere Flecken von 5—7 mm Länge und 2—3 mm Breite.

Nach 69 Tagen erfolgte der Abschluss des Versuches.

Bei Pflanze No. VII $\left(\frac{1}{100.000}\right)$ ist das Wurzelsystem noch im guten Zustande. Von den 17 vorhandenen Blättern sind die 4 unteren abgestorben, das 5. und 6. mit Flecken übersäet, die übrigen frisch und normal grün. Die Höhe der

[1]) Siehe S. 457.

| No. der Pflanze | Trockensubstanz des | | | Gesamt-Trocken-Substanz | Asche des | | | Gesamt-Asche | Gesamt-Menge der Borsäure | 100.000 T. Tr.-Subst. enthalten T. Borsäure | Reaktion auf Curcumapapier |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | oberen Teiles g | mittleren Teiles g | unteren Teiles g | g | oberen Teiles g | mittleren Teiles g | unteren Teiles g | g | mg | | |
| I | 6.728 | 8.365 | 10.3077 | 25.4077 | 0.446 6.62 % | 0.566 6.76 % | 0.827 8.02 % | 1.839 7.24 % | 0.9 | 4 | schwach rot |
| II | 4.742 | 6.641 | 5.3027 | 16.6857 | 0.352 7.42 % | 0.474 7.14 % | 0.483 9.11 % | 1.309 7.85 % | 4.5 | 27 | deutlich rot |
| III | 7.1772 | 9.968 | 7.845 | 24.9902 | 0.453 6.31 % | 0.727 7.29 % | 0.612 7.80 % | 1.792 7.71 % | 9 | 36 | stark rot |
| IV | — | — | — | 1.000 | — | — | — | 0.182 18.20 % | 23 | 2 300 | — |
| V | 3.9402 | 6.052 | 5.0485 | 15.0407 | 0.339 8.69 % | 0.665 10.98 % | 0.580 11.48 % | 1.584 10.53 % | 9 | 60 | stark rot |
| VI | — | — | — | 0.603 | — | — | — | 0.110 18.24 % | 14 | 2 320 | — |

Pflanze, welche eine männliche Blüte erzeugte, beträgt 1370 mm. Pflanze No. VIII $\left(\frac{1}{20.000}\right)$ hat kräftige, gesunde Wurzeln, jedoch die Blätter sind stärker angegriffen, als bei No. VII. Die 4 ältesten Blätter sind vertrocknet, die weiteren 3 gefleckt, nur die jüngsten von tief grüner Färbung. Die Pflanze hat 18 Blätter, eine männliche Blüte produziert und eine Höhe von 1450 mm erreicht. Die älteren Wurzeln der Pflanze No. IX $\left(\frac{1}{10.000}\right)$ verraten durch ihre braune Farbe und glasiges Aussehen den Zustand der Zersetzung; aber auch die neueren sind nicht mehr frisch. Die 3 unteren Blätter sind braun geworden, die Ränder der 2 nächsten Blätter bilden breite (10 mm) Streifen eingetrockneten Gewebes und die 5 weiteren zeigen 2—11 mm lange und 1—3 mm breite Flecken. Die übrigen Blätter sind normal. Die Blattzahl ist 17, die Höhe 1280 mm. Die Pflanze setzt eine männliche Blüte an.

Die Vergleichspflanze hat eine Höhe von 1030 mm und 17 Blätter. Die Wurzeln, auch die höherer Ordnung, sind gesund, seidenglänzend, bis zum Gefässboden reichend. Die 4 unteren Blätter sind dürr, das 5. gelb, die übrigen straff und saftig grün.

Der Zuwachs seit 5. August, also in 85 Tagen betrug:

| Pflanze No. | VII | VIII | IX | Kontrolpflanze |
|---|---|---|---|---|
| | $\frac{1}{100.000}$ | $\frac{1}{20.000}$ | $\frac{1}{10.000}$ | —— |
| Höhezuwachs | 910 mm | 690 mm | 570 mm | 720 mm |
| Blattvermehrung | 7 | 8 | 7 | 7. |

---

Fassen wir nun die Ergebnisse der obigen Vegetationsversuche zusammen, so ergiebt sich, dass die physiologische Wirkung des Bors auf den pflanzlichen Organismus sich zunächst nicht in einer allgemeinen Erkrankung der ganzen Pflanze äussert, sondern nur an bestimmten abgegrenzten Stellen im Blattgewebe die als „Flecken“ bezeichneten, gebleichten Partieen hervorbringt.

Schon aus dem oben mitgeteilten Vorkommen von Bor in sehr verschiedenen Pflanzen ist *a priori* anzunehmen, dass Spuren dieses Elementes unschädlich sind. Die Aufnahme sehr kleiner Bormengen verursachen keine nennenswerten Vegetationsstörungen; dagegen veranlassen grössere Mengen die Zerstörung des Chlorophyllfarbstoffes, somit örtliche Aufhebung des Assimilationsprozesses, und das Absterben der Wurzeln. Mit zunehmendem Gehalte der Nährstofflösung an Bor nimmt die Intensität der Krankheitserscheinungen zu, die Bildung organischer Substanz ab, bei $\left(\frac{1}{1000}\right)$ sinkt schliesslich die produzierte Trockensubstanz auf ein sehr geringes Mass herab. Die freie Bor-

| No. der Pflanze | Trockensubstanz des oberen Teiles g | Trockensubstanz des mittleren Teiles g | Trockensubstanz des unteren Teiles g | Gesamt-Trocken-Substanz g | Asche des oberen Teiles g | Asche des mittleren Teiles g | Asche des unteren Teiles g | Gesamt-Asche g | Gesamt-Menge der Borsäure mg | 100.000 T. Tr.-Subst. enthalten T. Borsäure | Reaktion auf Curcumapapier |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VII | 10.632 | 9.298 | 7.6037 | 27.5337 | 0.715<br>6.72 % | 0.483<br>5.18 % | 0.379<br>4.98 % | 1.5765<br>5.72 % | 0.9 | 3 | schwach rot |
| VIII | 4.543 | 8.552 | 9.4617 | 22.5577 | 0.318<br>6.99 % | 0.540<br>6.31 % | 0.521<br>5.51 % | 1.379<br>6.11 % | 4.5 | 20 | deutlich rot |
| IX | 3.3232 | 8.807 | 7.5058 | 16.639 | 0.219<br>6.59 % | 0.395<br>6.80 % | 0.560<br>7.45 % | 1.174<br>7.05 % | 9 | 64 | stark rot |
| X | — | — | — | 0.9225 | — | — | — | 0.168<br>18.21 % | 22 | 2 380 | — |
| Vergleichspflanze | 5.146 | 10.425 | 10.965 | 26.536 | 0.375<br>7.29 % | 0.732<br>7.02 % | 0.672<br>6.70 % | 1.779 | — | — | keine Reaktion |

säure erweist sich als nachteiliger für den Pflanzenorganismus, als deren Alkalisalze. —

Die untere Schädlichkeitsgrenze des Bor ist bei der Konzentration 10 mg pro Liter noch nicht erreicht; jedoch verhalten sich verschiedene Pflanzengattungen, in einem gleichen Dargebot von Bor gegenüber verschieden. Die Widerstandsfähigkeit der Erbsenpflanzen ist z. B. eine viel geringere, als die des Pferdezahnmais.

Die Verteilung des aufgenommenen Bors ist schliesslich eine annährend gleichmässige durch alle noch gesunden, sowie schon erkrankten Organe.

---

## Analytische Belege.

Eine gewichtsanalytische Bestimmung der Borsäure war bei den ausserordentlich geringen Mengen derselben in dem vorliegenden Untersuchungsmaterial nicht thunlich, wohl aber erschien es wünschenswert, wenigstens eine annähernde Schätzung der Borquantitäten auf kolorimetrischen Wege mittelst der verschiedenen Abstufungen in den Rotfärbungen des Curcumapapieres abzuleiten. Zu diesem Behufe wurden salzsaure Lösungen[1]) der Borsäure von bekanntem, gradweise sich steigerndem Gehalte hergestellt und zwar Lösung (1) 1 ccm = 0,02 mg, (2) 0,05 mg, (3) 0,1 mg, (4) 0,25 mg, (5) 0,5 mg Borsäure und die mit diesen Lösungen erzeugten Rotfärbungen mit derjenigen, welche eine Lösung der Asche in 6 ccm obiger Salzsäure bei demselben, gleich stark gelb gefärbten Curcumapapierstreifen hervorrief, verglichen und so aus dem zusammenfallenden Farbenton auf den Gehalt der Lösung an Borsäure geschlossen. Z. B. die in 2 Teile zerschnittene Erbsenpflanze I (1 : 100,000) wurde verascht und jede der Aschen in 6 ccm Salzsäure gelöst. Bei der Prüfung mit Curcumapapier wurde eine Rotfärbung ähnlich jener, welche die Lösung[1]) ergab, erhalten; somit ist in der Lösung jeder der zwei Aschen 6 × 0,02 mg = 0,12 mg Borsäure, zusammen in der Pflanze 0,24 mg als vorhanden angenommen worden.

Hingegen wurde bei den Maispflanzen (1 : 1000) versucht, die aufgenommene Menge Borsäure quantitativ zu bestimmen nach der Methode von ROSENBLADT[2]), nur mit der Abänderung, dass das Bor direkt als Borfluorkalium abgeschieden und gewogen wurde. Die vereinigten Aschen der 3 Pflanzen wurden in ein Kölbchen gespült, einige Gramme schwefelsaures Silberoxyd zur Bindung der Salzsäure eingetragen und der Inhalt des Kölbchens eingetrocknet. Die zur Verflüchtigung der Borsäure vorgenommene 4malige Destillation mit je 10 ccm Methylalkohol geschah in der schon im

---

[1]) Zur Lösung wurde eine Salzsäure vom spez. Gew. 1,02 (4 %) verwendet.

[2]) Zeitschr. f. anal. Chem. 1887, S. 18.

I. Teile beschriebenen Weise. In die Vorlage wurden 50 ccm einer 1 °/₀ Kalilauge gegeben. Der Inhalt der Vorlage wurde sodann auf dem Wasserbade eingedampft, der Rückstand mit reiner Flusssäure übergossen und wieder zur Trockne verdampft. Die trockene Salzmasse wurde dann in bekannter Weise nach der Methode von STROHMEYER behandelt. Man erhält so 0,121 g $KBF_4$ = 0,01055 g B. Somit berechnen sich für Pflanze No. IV 4,1 mg B = 0,023 g $B(OH)_3$; für No. VI 2,5 mg B = 0,014 g $B(OH)_3$ und für No. X 3,9 mg B = 0,022 g $B(OH)_3$.

Das so abgeschiedene Borfluorkalium krystallisiert in sechsseitigen Säulen. Löst man dieselben in heissem Wasser und lässt einen Tropfen auf einem Objektglas verdunsten, so sieht man unterm Mikroskop die von BEHRENS[1]) gezeichneten Formen. Die Krystalle sind rhombisch, polarisieren sehr schwach und löschen nach der Diagonale aus.

Ich möchte dieser Art der Bestimmung der Borsäure, besonders wenn sie in sehr geringer Menge vorliegt, das Wort reden, da das daraus produzierte Borfluorkalium eine gut charakterisierte, in wohl ausgebildeten Krystallen zur Abscheidung kommende Verbindung ist, welche in Bezug auf das Mengenverhältnis sich als ein elffaches Multiplum der in ihr enthaltenen Borquantität darstellt.

---

## XLVI. Über den zweckmässigen Wärmegrad des Keimbetts für forstliche Samen.

Von

F. NOBBE.

Im Allgemeinen hat sich eine konstante Temperatur von 20° C. bei den Keimkraftprüfungen der Mehrzahl landwirtscaftlicher Handelssamen als geeignet erwiesen. Dieser Wärmegrad entfernt sich weder allzu sehr nach oben von den zur Zeit der Frühjahrs- und Herbstsaat im Boden obwaltenden Wärmeverhältnissen; noch ist er so niedrig, dass der normale Vorgang der Keimung verzögert würde. Ausnahmen bilden die Samen von Kürbis, Gurke, Mais und andere, welche durch eine auf konstant 30° gesteigerte Temperatur in der Keimung beschleunigt werden.

Es ist jedoch von Herrn VON LIEBENBERG beobachtet worden, dass gewisse Samengattungen eine zeitweilige Erhöhung der Temperatur des Keimbetts mit einer rascheren Ent-

[1]) ROSENBUSCH: Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien Seite 235, fig. 83.

wickelung bezw. einem höherem Keimungsprozent beantworten. Dies trifft namentlich für gewisse kleine Grassamen: *Poa, Agrostis* etc., zu, für welche von anderen Beobachtern angegeben worden war, dass sie im Lichte besser keimen, als im Dunkeln. Wir haben uns für die genannten und ähnliche kleine Samen überzeugt, dass deren Keimung bei gleicher Wärme im Lichte und in der Dunkelheit gleichmässig, eher zu Gunsten des Dunkelraumes, verlief.

Es scheinen demnach nicht die leuchtenden Strahlen des Sonnenlichts als solche zu sein, welche eine Begünstigung der Keimungsvorgänge mit sich führen, sondern die Wärmestrahlen. Dies wird um so begreiflicher bei Samen, welche von einer wenig oder gar nicht durchleuchtbaren Fruchthülle und dicken Spelzen eingeschlossen sind. Sonach würde eine aussetzende Belichtung als Förderungsmittel der Keimung auf eine aussetzende höhere Erwärmung zurückzuführen sein, wobei nicht ausgeschlossen ist, dass die leuchtenden Strahlen in der einen oder anderen Weise Nebenwirkungen äussern.

Es ist jedoch ausdrücklich hervorzuheben, dass hier nur die ersten Entwickelungen des Embryo in Betracht kommen, welche sich in dem Hervortritt des Wurzel- und Blattkeimes bekunden. Sobald die emporgetretenen jungen Blattorgane zu ergrünen und damit zu assimilieren beginnen, ist ein Mangel leuchtender Lichtstrahlen thatsächlich von abnormen Entwickelungen begleitet. Auch die wenig zahlreichen Gattungen von Keimpflänzchen, welche im Dunkeln ergrünen, z. B. Abietineen, bedürfen zur Assimilation sofort des Lichtes. Dieses Stadium greift jedoch bereits über den Beobachtungsbereich hinaus, welcher für die praktische Samenkontrole von Interesse ist. Sobald der Same im Keimbett ein normales kräftiges Würzelchen hervorstreckt, ist der Lieferant von jeder weiteren Verantwortlichkeit entbunden.

Unter den Samengattungen, welche wir, aus Veranlassung der Angaben des Herrn von Liebenberg, auf die Wirkung einer aussetzenden Erhöhung der Temperatur von 20° auf 30° geprüft haben, wurden auch die Samen verschiedener Forstgewächse, namentlich Fichten und Kiefern, herangezogen. Das Ergebnis dieser Beobachtungen soll hier kurz zur Mitteilung gelangen.

Von je drei Keimbetten, jedes beschickt mit 200 vorschriftsmässig abgezählten Samenkörnern von einer und derselben

Probe, wurden zwei beständig auf 20° C. erhalten. Zur Regelung der Temperatur diente der Reichert'sche Thermostat. Das dritte Keimbett wurde täglich 6 Stunden durch Übertragung in einen anderen Keimschrank auf 30° C. erwärmt, die übrige Zeit gleichfalls auf 20° erhalten. Als Keimbett diente für gewöhnlich Fliesspapier, dessen Feuchtigkeitsgrad dreimal täglich reguliert wird; bisweilen gelangte zum Vergleich der vom Verfasser konstruierte Keimapparat aus Thon, wohl auch Sand oder Erde zur Verwendung.

Die folgenden Keimkraftziffern lassen zugleich den Grad der Übereinstimmung je zweier Parallelproben, a und b, beurteilen, deren Abweichung unter einander beim Abschluss des Versuchs 10 % betragen darf, im Durchschnitt aber bei den Fichten 2.68 % und bei den Kiefern 0.59 % betrug.

1. Fichtensamen. *Picea vulgaris Lk.*

Es keimen:

| | in 7 Tagen | | | | in 28 Tagen | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | bei konstant 20° C. | | | bei 30° C. (6 St. täglich) | bei konstant 20° C. | | | bei 30° C. (6 St. täglich) |
| | a % | b % | Mittel % | % | a % | b % | Mittel % | % |
| 1 | 4.00 | 12.00 | 8.00 | 1.50 | 49.00 | 52.50 | 50.75 | 56.00 |
| 2 | 22.50 | 33.00 | 27.75 | 9.00 | 60.00 | 61.50 | 60.75 | 60.50 |
| 3 | 51.50 | 52.50 | 52.00 | 56.75*) | 90.00 | 93.00 | 91.50 | 92.75*) |
| 4 | 72.50 | 75.00 | 73.75 | 38.00 | 89.00 | 91.50 | 90.25 | 90.50 |
| 5 | 83.00 | 84.50 | 83.75 | 22.50 | 90.50 | 90.50 | 90.50 | 90.00 |
| 6 | 55.50 | 66.50 | 61.00 | 53.50 | 81.00 | 83.00 | 82.00 | 85.00 |
| 7 | 62.50 | 62.50 | 62.50 | 28.50 | 73.50 | 75.50 | 74.50 | 75.50 |
| 8 | 67.50 | 68.50 | 68.00 | 47.50 | 73.00 | 73.00 | 73.00 | 68.00 |
| 9 | 82.00 | 84.00 | 83.00 | 80.50 | 86.50 | 90.50 | 88.50 | 85.00 |
| 10 | 71.50 | 74.00 | 72.75 | 66.50 | 81.00 | 82.50 | 81.75 | 82.00 |
| 11 | 66.00 | 72.50 | 69.25 | 56.00 | 74 50 | 77.50 | 76.00 | 73.50 |
| 12 | 64.00 | 72.00 | 68.00 | 42.00 | 69.50 | 78.00 | 73.75 | 58.00 |
| 13 | 67.50 | 71.50 | 69.50 | 54.50 | 81.00 | 81.50 | 81.25 | 79.00 |
| 14 | 59.50 | 60.00 | 59.75 | 60.50 | 70.00 | 75.50 | 72.75 | 69.50 |
| Mittel | 59.25 | 63.46 | **61.35** | **44.09** | 76.32 | 79.00 | **77.66** | **76.09** |

Hiernach ist das bei einer intermittierenden Temperatur von 20° und 30° C. in 28 Tagen erreichte Keimkraftprozent der geprüften Fichtensamen in 6 von 14 Fällen etwas höher, als bei konstant 20°; doch fällt auch die höchste Differenz von 5.25 % (No. 1) noch in die Fehlergrenzen des Keimversuchs.

*) Diese Probe ergab bei zwei Parallelprüfungen bei 35° in 7 Tagen: a. 56.50, b. 57.00 %, Mittel 56.75 %; in 28 Tagen: a. 92.00, b. 93.50, Mittel 92.75 %.

In den übrigen 8 Fällen ist der Unterschied zu Gunsten der Temperatur von 20°. Hauptsächlich der hier einmal auftretenden hohen Differenz von 15.75 % (No. 12) ist es zuzuschreiben, dass der Durchchnitt aller 14 Versuche um 1.57 % zu Gunsten der Keimung bei 20° ausfällt. Wir erachten uns nicht berechtigt, hierin eine ausgesprochene Benachteiligung — noch weniger aber eine Begünstigung der Keimung durch die intermittierende Wärmeerhöhung bei Fichtensamen zu erblicken. Etwas anders stellt sich das Urteil bezüglich der Ziffern, welche nach 7 Tagen erzielt wurden und die „Keimungsenergie" der Proben zum Ausdruck bringen. Die Differenz von (61.35 bis 44.09 =) 17.26 % liegt gänzilch ausserhalb der Fehlergrenzen des Keimversuchs, und es ist zweifellos, dass die zeitweilige Temperatur-Erhöhung von 20° auf 30° die Keimungsenergie der Samen geschädigt hat.

2. Kiefernsamen. *Pinus sylvestris L.*

Es keimten:

| | in 7 Tagen | | | | in 28 Tagen | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | bei konstant 20° C. | | | bei 30° C. (6 St. täglich) | bei konstant 20° C. | | | bei 30° C. (6 St. täglich) |
| | a % | b % | Mittel % | % | a % | b % | Mittel % | % |
| 1 | 4.00 | 9.00 | 6.50 | 6.50 | 46.50 | 47.00 | 46.75 | 35.00 |
| 2 | 64.00 | 76.50 | 70.25 | 24.50 | 87.00 | 93.00 | 90.00 | 88.50 |
| 3 | 20.00 | 32.50 | 26.25 | 22.50 | 73.50 | 74.00 | 73.75 | 61.00 |
| 4 | 6.00 | 9.50 | 7.75 | 4.00 | 50.50 | 54.00 | 52.25 | 44.50 |
| 5 | 36.50 | 36.00 | 36.25 | 16.50 | 53.00 | 54.00 | 53.50 | 53.00 |
| 6 | 35.00 | 34.00 | 34.50 | 19.00 | 56.00 | 57.50 | 56.75 | 51.50 |
| 7 | 37.00 | 38.50 | 37.75 | 28.00 | 54.50 | 56.50 | 55.50 | 55.00 |
| 8 | 28.50 | 34.00 | 31.25 | 21.50 | 46.50 | 52.00 | 49.25 | 45.00 |
| 9 | 26.50 | 29.00 | 27.75 | 16.00 | 63.50 | 72.50 | 68.00 | 71.50 |
| 10 | 19.00 | 18.00 | 18.50 | 16.00 | 57.50 | 61.00 | 59.25 | 57.50 |
| 11 | 31.50 | 25.00 | 28.25 | 35.00 | 79.50 | 81.50 | 80.50 | 86.50 |
| 12 | 24.50 | 34.50 | 29.50 | 38.00 | 84.50 | 89.50 | 87.00 | 90.00 |
| 13 | 16.50 | 17.00 | 16.75 | 27.00 | 74.00 | 80.00 | 77.00 | 75.50 |
| 14 | 30.50 | 32.50 | 31.50 | 30.50 | 76.00 | 77.00 | 76.50 | 70.50 |
| 15 | 17.00 | 19.00 | 18.00 | 15.00 | 43.50 | 48.50 | 46.00 | 46.00 |
| 16 | 21.00 | 29.50 | 25.25 | 37.00 | 83.00 | 83.50 | 83.25 | 83.00 |
| 17 | 19.50 | 21.50 | 20.50 | 26.50 | 73.00 | 73.50 | 73.25 | 82.50 |
| 18 | 9.00 | 8.00 | 8.50 | 6.50 | 42.00 | 43.00 | 42.50 | 54.00 |
| 19 | 8.50 | 7.00 | 7.75 | 9.50 | 61.50 | 65.00 | 63.25 | 35.00 |
| 20 | 8.50 | 6.50 | 7.50 | 6.00 | 64.00 | 70.00 | 67.00 | 37.00 |
| 21 | 25.00 | 32.00 | 28.50 | 22.00 | 86.00 | 87.00 | 86.50 | 86.50 |
| Mittel | 23.23 | 26.17 | **24.70** | **20.36** | 64.55 | 67.62 | **66.08** | **62.33** |

Bei den Kiefernsamen ist die zeitweilige Temperatur-Erhöhung in 14 der 21 Fälle von einer Erniedrigung des schliesslichen Keimkraftprozentes begleitet gewesen. In 5 Fällen wurde eine Erhöhung beobachtet. In 2 Fällen (Nr. 15 und 21) ist die Keimkraft in beiden Temperaturen absolut gleich. Über die statthafte Latitüde der Einzelprüfung (10 %) geht die Differenz viermal (Nr. 1, 3, 19 und 20) zu Ungunsten und einmal (Nr. 18) zu Gunsten der höheren Temperatur hinaus. In allen übrigen (16) Fällen hält sich die Differenz in erlaubten Grenzen, wie sie, der Ungleichmässigkeit des Materials gemäss (trotz aller Sorgfalt bei der Auswahl der Körner) der Zufall bedingt. Im Mittel beträgt die Differenz 3,75 % zu Ungunsten der zeitweiligen Temperatur-Erhöhung.

Einige andere in der gleichen Richtung geprüfte Nadelholzsamen (*Picea alba, Pinus montana, Abies pectinata, Ab. Nordmanniana, Ab. balsamea*) haben auf eine zeitweilige Temperaturerhöhung ebenso wenig durchgreifend reagiert, wie die der gemeinen Fichte und Kiefer. Dagegen erwies sich *Alnus glutinosa* (in gewissem Grade auch *Betula alba*) sehr empfänglich für die periodische Erwärmung auf 30°, während der gleiche Wärmegrad, konstant erhalten, die Keimung stark schädigte, eigentlich völlig aufhob, da sämtliche Würzelchen hier schwarzspitzig waren.

Es keimten von *Alnus glutinosa*:

| | bei konstant 20° | | | bei konstant 30° | | | 6 Std. täglich 30° | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | a | b | Mittel | a | b | Mittel | a | b | Mittel |
| | in 7 Tagen (Prozent): | | | | | | | | |
| 1 | 27.00 | 29.00 | 28.00 | — | — | — | — | — | 44.00 |
| 2 | 12.00 | 6.00 | 9.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 43.00 | 46.00 | 44.50 |
| | in 14 Tagen: | | | | | | | | |
| 1 | 29.50 | 34.50 | 32.00 | — | — | — | — | — | 49.50 |
| 2 | 24.00 | 15.00 | **19.50** | 17.00*) | 6.00*) | **11.50** | 53.00 | 57.00 | **55.00** |
| | in 28 Tagen: | | | | | | | | |
| 1 | 30.50 | 36.50 | 33.50 | — | — | — | — | — | 50.00 |
| 2 | 25.00 | 16.00 | **20.50** | 25.00*) | 22.00*) | **23.50** | 55.00 | 57.00 | **56.00** |

*) Würzelchen schwarzspitzig.

Schaltet man die ursprünglich tauben Körner aus, welche bei Nr. 2 (laut Schnittprobe beim Versuchsabschluss) in Prozenten betrugen:

| bei konstant 20° | | | bei konstant 30° | | | 6 Std. täglich 30° | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a | b | Mittel | a | b | Mittel | a | b | Mittel |
| 45.00 | 45.00 | **45.00** | 53.00 | 45.00 | **49.00** | 41.00 | 40.00 | **40.50** |
| so waren ursprünglich vollkörnig: | | | | | | | | |
| 55.00 | 55.00 | **55.00** | 47.00 | 55.00 | **51.00** | 59.00 | 60.00 | **59.50** |
| und deren Keimkraft beträgt: | | | | | | | | |
| 45.00 | 29.10 | **37.28** | 53.20 | 40.00 | **46.60** | 93.00 | 95.00 | **94.00** |

Auf Grund der vorstehend mitgeteilten Versuchsresultate erscheint es zweckmässig, den Keimprozess zu prüfender Fichten- und Kiefernsamen bei einer gleichmässigen Temperatur von 20° C. verlaufen zu lassen, wie es an der Samenkontrol-Station zu Tharand von vornherein üblich gewesen, bei Erlen aber einen Wechsel zwischen 20° und 30° C. zu verwenden.

---

## XLVII. Über das numerische Verhältnis der im Saatbeet auflaufenden Kiefern- und Fichtenpflanzen zu der Menge ausgesäeter Körner.

Von

F. NOBBE.

---

Sind die Keimkraftziffern, welche durch die Prüfung von Fichten- und Kiefernsamen in einem der üblichen Keimbetten gewonnen werden, massgebend für den Erwartungswert der Pflanzenzahl des Saatbeets?

Für denjenigen, der sich eingehend mit diesen Dingen praktisch befasst, kann wohl kein Zweifel darüber bestehen, dass die Frage zu bejahen sei. Da die kleinen Widerwärtigkeiten, welche das Saatbeet sowohl, als der freie Waldboden, dem Samen und der jungen Keimpflanze vor und nach ihrem Hervortritt an das Licht bereit hält, im Keimbett der Prüfungsanstalt hinwegfallen, so muss die Menge der Saatbeetpflanzen in der Regel etwas geringer ausfallen, sie kann nie grösser sein, als der Keimapparat es angezeigt hat, — vorausgesetzt, dass der Keimversuch ordnungsmässig ausgeführt worden ist.

Zur Prüfung der Frage, in welchem Zahlenverhältnis die im Saatkamp schliesslich vorhandenen Fichten- und Kiefernpflanzen zu der Aussaatmenge stehen, hat der Verfasser wiederholt Auszählungen der Saatbeetpflanzen vorgenommen. Bei einer solchen Auszählung, welche mit besonderer Sorgfalt auf verschiedenen Saatkämpen des Kgl. Sächsischen Forstreviers Spechtshausen (Bezirk Grillenburg) im Jahre 1888 ausgeführt wurde, betrug die vorhandene Pflanzenzahl im Durchschnitt etwa 65 % der ausgestreuten Samenmenge, während die an der pflanzenpsychologischen Versuchs-Station zu Tharand zuvor ermittelte Keimkraft des verwendeten Saatguts 82—84 % betragen hatte. Es traten jedoch in den einzelnen Zeilen der Beete Ungleichmässigkeiten auf, welche sehr wahrscheinlich darin begründet waren, dass bei der Aussaat eine etwas ungleiche numerische Beschickung der einzelnen Zeilen stattfindet, welche für den praktischen Zweck keine Bedeutung haben mag, wodurch das Resultat derartiger Untersuchungen jedoch getrübt wird.

Im Jahre 1889 wurde daher mit Genehmigung des Königl. Finanz-Ministeriums auf zwei Saatkämpen des Tharander Revieres (Abt. 10 und 34) der folgende exakte Versuch mit Fichten- und Kiefersamen ausgeführt.

Die zum Versuch verwendeten Samen (3 Fichten-, 4 Kiefernposten) waren aus verschiedenen Quellen bezogen und im Gebrauchswert unter einander abweichend. Die 3 Posten Fichtensamen hatten bei der vorgängigen Prüfung gekeimt: Nr. 1. 81 %; 2. 73 % und 3. 58 %, und die 4 Kiefernposten: Nr. 1. 85,5 %; 2. 67 %; 3. 65 %; 4. 64 %.

Je 10 Saatbeetzeilen von 1 m Länge und 5 cm Breite wurden mit je 333 *lege artis* abgezählten Samenkörnern besäet. Ein Beet, welches 40 Zeilen enthielt und mithin 13 320 Samen empfing, war 10 m lang. Das ermittelte Durchschnittsgewicht von 1000 Körnern betrug (nach je 3—5 Bestimmungen) bei den Fichtensamen 9,015 g; 9,081 g; 8,079 g; im Mittel 8,725 g, und bei den Kiefernsamen im Mittel 5,711 g. Es entfallen mithin auf 1 ar 133 200 Samen im Gewicht von 1 160 g (Fichten) und 760 g (Kiefern).

Die Aussaat erfolgte am 10. Mai 1889.

Nach vollzogener Saat wurden die Rillen mit Erde übersiebt, welche etwas Holzasche beigemengt enthielt, alsdann mit

Moos gedeckt, welches nach dem Auflaufen entfernt wurde. Das ganze Verfahren wurde in üblicher Weise vollzogen.

Auf dem einen Saatkamp (Abt. 10) ist die Entwickelung aller, auch der Versuchsbeete, durch Trockenheit stark beeinträchtigt worden; die Fichten haben mehr gelitten, als die Kiefern. Auf dem anderen Kampe (Abt. 34) wurde das Fichtenbeet von einem zweimaligen starken Abschwemmen durch Platzregen betroffen, während das Kiefernbeet von diesem Eingriff verschont geblieben ist. Letzteres allein zeigte einen normalen, guten Stand; die Zeilen hatten hier eine gleichmässig dichte Bestockung und sind als massgebend für den Versuchszweck zu betrachten. Die anderen Beete wurden zwar sämtlich auch sorgfältig ausgezählt, doch dürfte es zwecklos sein, die gewonnenen Ziffern hier mitzuteilen.

Die 40 Kiefern-Saatrillen, von denen je 10 immer 3 330 Samen einer besonderen Kiefernsaat empfangen hatten, lieferten am 11. September 1889 folgendes Ergebnis.

| Saat Nr. | Ermittelte Keimkraft der Samen % | Wonach zu erwartende Pflanzen | Thatsächlich vorhandene Pflanzen | | Hiernach fehlen im Vergleich zum Keimversuch | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | absolut | in % der Samen | absolut | in % der Samen |
| 1 | 85.50 | 2847 | 2333 | 70.05 | 514 | — 15.45 |
| 2 | 67.33 | 2242 | 1915 | 57.51 | 327 | — 9.82 |
| 3 | 67.00 | 2231 | 1635 | 49.10 | 596 | — 17.90 |
| 4 | 64.25 | 2140 | 1695 | 50.90 | 445 | — 13.35 |
| Mittel | 71.02 | 2365 | 1895 | 56.89 | 470 | — 14.13 |

Hiernach gelangt die bei der Prüfung ermittelte Keimkraft auch auf dem Saatbeete zum klaren Ausdruck. Es kommt nicht vor, dass im Beete mehr Pflanzen auflaufen, als die Vorprüfung ergeben hat; wohl aber fehlen an der nach der Vorprüfung zu erwartenden Zahl regelmässig 10—18 % Pflanzen, welche, wie vorauszusehen, den verschiedenartigen Angriffen, denen das Samenkorn im Boden, sowie die junge Keimpflanze in den ersten Lebensstadien ausgesetzt ist, zum Opfer gefallen sind.

# Über die Verluste von Stickstoff in eingesäuerten Futtermitteln.

**Erwiderung**

von

F. W. WOLL.

---

Auf die Kritik von Dr. O. KELLNER und J. SAWANO in dieser Zeitschrift[1]) über meine Arbeiten inbetreff der möglichen Verluste von Stickstoff in Sauerfutter durch Trocknen werde ich hier nicht im Einzelnen eingehen, indem die wichtigsten Punkte derselben schon beantwortet sind in dem Organe der nordamerikanischen Versuchs-Stationen „Agricultural Science" für März 1890, in welcher Zeitschrift Dr. KELLNER eine nur wenig veränderte Übersetzung der oben genannten Abhandlung veröffentlicht hat[2]), und die Leser, die interessiert sind, darauf hingewiesen sind. Es sei mir nur erlaubt, einige Punkte zu berühren, welche Dr. KELLNER in seinem Aufsatz in dieser Zeitschrift erwähnt.

Dr. KELLNER findet verschiedene Feuchtigkeitszustände des Sauerfutters in verschiedenen Schichten seiner Miete und auch verschiedene Gehalte an Stickstoff in der Trockensubstanz, und sagt dann:[3]) „Bei solchen Verschiedenheiten in der Zusammensetzung eines selbst nur kleinen Quantums Sauerfutter erscheint es ausserordentlich schwierig, Proben zu ziehen, welche den Gehalt des gesamten Futters einer grossen Miete zuverlässig

---

1) Bd. 37, S. 19.
2) Bd. IV, S. 1.
3) l. c. S. 17.

zum Ausdruck bringen. Da, wo ein ‚Fuder‘ oder eine ‚Tonne‘ die Masseinheit bildet, sind quantitative Untersuchungen u. dergl. unseres Erachtens **überhaupt unmöglich.**“ Der Verfasser fährt darauf fort, die Resultate meiner Versuche umzuwerfen, bei welchen 9—12 Tonnen eingesäuert waren! Obgleich ich nach KELLNER das Unmögliche that, quantitative Untersuchungen über die Stickstoffverluste beim Einsäuern anzustellen, „wo die Masseinheit eine Tonne ist,“ trägt er kein Bedenken, sehr gestrenge die Mängel zu recensieren, welche er in meiner Arbeit finden kann. Dr. KELLNER fährt in seiner Abhandlung fort:

> „Unanfechtbare Ergebnisse über die quantitativen chemischen Veränderungen des Futters in Mieten lassen sich nur erlangen, wenn — eine mit dem zur Analyse verwendeten frischen Futter übereinstimmende kleine Probe von einigen Kilogrammen allseitig abgeschlossen in der Miete den gleichen Bedingungen ausgesetzt wird, wie die Hauptmasse des eingelagerten Futters.“

Die chemischen Veränderungen des Futters in dem Teile der Mieten, welcher die Probe direkt umgiebt, können gewiss auf diese Art gefunden werden, aber nicht die quantitativen chemischen Veränderungen, welche die ganze in der Miete eingelagerte Masse durch Gärungsprozesse während der Einsäuerung erleiden wird. Dr. KELLNER hat selbst den Beweis für die Richtigkeit dieser Behauptung geliefert.[1]) Er lagerte Rettigblätter in geschlossenen Glasgefässen in verschiedene Teile einer Miete ein, in der Mitte der Grube und in der Mietenecke, nahe dem Erdreich. Der Verlust an Trockensubstanz in den in der Mitte der Miete eingegrabenen Blättern war 13.67 °/₀, und der des Gesamt-Stickstoffs 21.60 °/₀, während der Verlust in dem in der Mietenecke eingelagerten Glasgefäss nur 1.33 °/₀ der Trockensubstanz und 4.24 °/₀ des Stickstoffs betrug, welches zeigt, dass ein Futter in verschiedenen Teilen der Miete verschiedenen Verlusten unterliegt, je nach der Intensität der Gärungsprozesse. CHERHATI's Versuche[2]) in Verbindung mit Untersuchungen betrachtet, welche an hiesiger Versuchs-Station ausgeführt worden sind, werden zu demselben Schlusse führen. CHERHATI fand eine

---

[1]) Diese Zeitschrift Bd. XXXII, S. 57.

[2]) BIEDERMANN's Central-Blatt f. Agrikulturchemie 1888, S. 39.

Vermehrung des Verlustes von eingesäuerter Masse bei höherer Temperatur derselben, und wir fanden,[1] wie man erwarten mag, dass die Temperatur in der Mitte der Miete am höchsten ist, und höher in den oberen Schichten der Miete, als in den tieferen. Es ist daher einleuchtend, dass man keine Idee von dem quantitativen Verluste beim Einsäuren von Futtermitteln erreichen kann bei der von Dr. Kellner empfohlenen Methode. Die einzige Weise, in welcher dies geschehen kann, ist, wie es mir scheint: Proben aus verschiedenen Teilen der Miete und aus diesen eine Mittelprobe zu entnehmen; je grösser die Anzahl dieser kleinen Proben, mit um so mehr Genauigkeit ist das Endresultat gesichert.

Dr. Kellner verweist in seiner Kritik auf Dr. Dibbits' Abhandlung über die Disassociation der Ammoniumsalze in wässeriger Lösung,[2] und am Ende seines Artikels erklärt er meine Resultate, wo ich bei direktem Trocknen von Sauermais keinen Verlust an Stickstoff fand, aus der niedrigen Temperatur (60° C.), die ich zum Trocknen benutzte, trotzdem Dr. Dibbits schloss, dass „die fünf untersuchten neutralen Ammoniaksalze (Chlorammonium, salpetersaures, schwefelsaures, oxalsaures und essigsaures Ammonium) sich auch schon bei der gewöhnlichen Temperatur, ja sogar bei 0°, teilweise zersetzten.“[3]

Im Allgemeinen ist es auffallend, dass Dr. Kellner in seiner strengen, oft sehr persönlichen Kritik über meine Arbeit nur geringe Aufmerksamkeit der Frage schenkt, inwiefern Stickstoff in gesäuerten Futtermitteln bei der Gärung verloren geht, oder ob die Resultate von der Verminderung des Stickstoffes in diesen Futtermitteln, die bisher beobachtet worden sind, auf einem Beobachtungsfehler beruhen Dr. Kellner zeigte in seiner erster Untersuchung mit Weissklee, dass wenigstens ein Teil dieses Verlustes von Disassociation beim Trocknen herrühren mag, und er schloss dann, dass „bei der Gärung wasserreicher Vegetabilien unter Luftabschluss kein merkbarer Stickstoffverlust stattfindet.“ Er zieht diese Schlussfolgerung so allgemein, wie es möglich ist, auf der Basis seiner Untersuchungen mit dem einen Futtermittel Weissklee. In

[1] V. Annual-Report Wiss. Experiment-Station 1888, S. 30.
[2] Fresenius' Zeitschrift f. Annal. Chemie XIII, 395.
[3] l. c. S. 404.

seiner neuen Untersuchung hat Dr. KELLNER wieder mit einer stickstoffreichen Pflanze experimentiert, *Lespedeza cortobotyra Mig.*, gleichfalls zu den Leguminosen gehörend, und gleiche Resultate erhalten, wie in seiner ersten Untersuchung mit Weissklee. Wie ich näher in meinem Artikel in Agricultural Science erklärt habe, zeigte MORGEN,[1]) dass bei eingesäuerten Diffusionsrückständen und bei Sauerfutter von Grünmais nur eine unbedeutende Verflüchtigung von Stickstoff durch Trocknen stattfand; meine Resultate, welche bei verschiedenen Arten von Sauermais gefunden waren, liegen in derselben Richtung.

Es ist daher einleuchtend, dass Dr. KELLNER ungerechtfertigt ist in seiner Schlussfolgerung, dass alle bisher gefundenen Resultate hinsichtlich des Verlustes von Stickstoff in eingesäuerten Futtermitteln einem Beobachtungsfehler zuzuschreiben seien. Es ist sein Verdienst, die Aufmerksamkeit näher auf die mögliche Verminderung des Stickstoffs in eingesäuertem Klee und anderen Leguminosen durch Disassociation von Ammoniaksalzen beim Trocknen gerichtet zu haben. Auf der anderen Seite ist gezeigt worden, dass eine solche Verminderung nicht oder nur in unbedeutendem Grade stattfindet, wo das eingesäuerte Futtermittel ein stickstoffarmes ist, wie Grünmais oder Diffusionsrückstände, und wir schliessen darum, was wenigstens diese Futtermittel betrifft, dass die von MÄRCKER, WEISKE, KÖNIG, MAYER, SCHULZE u. A. beobachteten Verluste von Stickstoff wirklich beim Einsäuerungsprozesse durch die Wirkung der Fermente stattfanden, ein Schluss, der auch aus meinen Arbeiten hervorgeht, wo gleiche Verluste von Stickstoff, wie die von den obengenannten Herren gefundenen, erzielt waren, unter Beobachtung der Vorsichtsmassregeln, die von Dr. KELLNER empfohlen wurden.

Wisconsin Experiment-Station, 1890.

---

[1]) Journal für Landwirtschaft, 1888, 301.

# Kurzer Bericht

## über die 29. Abteilung (für Agrikulturchemie und landwirtschaftliches Versuchswesen) der 62. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte zu Heidelberg (18.—23. September 1889).

Die Abteilung hat in dem älteren akiurgischen Hörsaal der Universität am 19. und 21. September zwei Sitzungen abgehalten.

Einführender Vorsitzender: Herr Professor Dr. Stengel-Heidelberg.

Als Schriftführer fungierten Herr Dr. Willy Meyer-Karlsruhe und Herr Dr. Brümmer-Jena.

In der I. Sitzung, am 19. September, unter dem Vorsitz des Herrn E. v. Wolff-Hohenheim sprachen:

1. Herr W. Hofmeister-Insterburg: **über die quantitative Reindarstellung der Cellulose;**
2. Herr A. Emmerling-Kiel: **über die Wertschätzung des Heues;**
2. Herr A. Orth-Berlin: **über den Einfluss der Kultur auf die Verschlechterung des Tabakbodens.**

In der II. Sitzung, am 21. September, unter dem Vorsitz des Herrn F. Nobbe-Tharand sprachen:

1. Herr Brümmer-Jena: **über die Zubereitung des Kraftfutters für Schweine;**
2. Herr G. Klien-Königsberg: **über direkten Übergang von Nahrungsfett in die Milch.**

## Präsenzliste.

Prof. Dr. Brümmer, Jena.
Dr. B. Dietzell, Augsburg.
Prof. Dr. A. Emmerling, Kiel.
Prof. Dr. M. Fleischer, Bremen.
Prof. Dr. H. Fresenius, Wiesbaden.
Prof. Dr. R. Heinrich, Rostock.
Dr. Heyer, Halle a. S.
Dr. W. Hoffmeister, Insterburg.
Hofrat Prof. Dr. C. Just, Heidelberg.
Prof. Dr. U. Kreusler, Poppelsdorf.
Dr. G. Klien, Königsberg i. P.
Dr. A. König, Griesheim a. M.
Prof. Dr. Ad. Mayer, Wageningen.
Dr. W. Meyer, Karlsruhe.
Dr. N. H. J. Miller, Harpenden.
Dr. Möslinger, Speier.
Geh. Hofrat. Prof. Dr. F. Nobbe, Tharand.
Prof. Dr. A. Orth, Berlin.
Carl Schott, Dortmund.
Prof. Dr. M. Siewert, Danzig.
Prof. Dr. Ad. Stengel, Heidelberg.
Prof. Dr. A. Thaer, Giessen.
Prof. Dr. R. Ulbricht, Dahme.
Prof. Dr. E. v. Wolff, Hohenheim.

Im Jahre 1890 findet die Naturforscher-Versammlung, zugleich die des Verbandes landwirtschaftlicher Versuchs-Stationen im Deutschen Reiche, in Bremen statt.

---

## 63. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte zu Bremen.

### (15.—20. September 1890).

Im Einverständnisse mit den Geschäftsführern der 63. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte haben wir die Vorbereitungen für die Sitzungen der Abteilung Nr. 29 für

**Agrikulturchemie und landwirtschaftliches Versuchswesen**

übernommen und beehren uns hiermit, die Herren Vertreter des Faches zur Teilnahme an den Verhandlungen dieser Abteilung ganz ergebenst einzuladen.

Gleichzeitig bitten wir Vorträge und Demonstrationen frühzeitig — wenn möglich vor Ende Mai — bei uns anmelden zu wollen.

Die Geschäftsführer beabsichtigen, zu Anfang Juli allgemeine Einladungeu zu versenden, und wäre es wünschenswert, schon in diesen Einladungen eine vorläufige Übersicht der Abteilungs-Sitzungen geben zu können.

Bremen, April 1890.

Professor Dr. **Fleischer**
Einführender Vorsitzender.
**Donandtstrasse 3.**

Dr. **Tacke**
Schriftführer.
**Moor-Versuchs-Station.**

## Zur Statistik des landwirtschaftlichen Versuchswesens.

### Begründung einer „Versuchs-Station für Pflanzenkultur" zu Dresden.

Am 1. April 1890 ist die seit längerer Zeit in Vorbereitung begriffene[1]) Versuchs-Station für Pflanzenkultur am Königl. botanischen Garten zu Dresden, unter der Leitung des Herrn Prof. Dr. O. Drude, in's Leben getreten. Diese vom Königl. Sächsischen Ministerium des Innern begründete und unterhaltene Anstalt ist mit der von Herrn Geh. Hofrath Prof. Dr. Nobbe in Tharand geleiteten pflanzenphysiologischen Versuchs-Station, welche gleichzeitig zur Staatsanstalt erhoben wurde,[2]) in ein Verhältnis gemeinsamer Bestrebungen — unter zweckmässiger Arbeitsteilung — gesetzt und mit derselben einem gemeinsamen Kuratorium unterstellt worden. Letzteres ist das durch den Eintritt des Leiters der Dresdener Versuchs-Station, sowie eines zweiten Vertreters der Gärtnerei verstärkte bisherige Kuratorium der pflanzenphysiologischen Versuchs-Station Tharand. Beide Stationen sind — jede an ihrem Teile selbstständig — der Landwirtschaft und Gärtnerei zu dienen berufen, und zwar durch wissenschaftliche Forschungen auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie.

[1]) Landw. Vers.-Stationen, Bd. 33, S. 475.

[2]) Die pflanzenphysiologische Versuchs-Station ist bereits im 6. Jahre ihres Bestehens (1875) von dem Königl. Ministerium des Innern übernommen und unterhalten worden (nachdem sie bis dahin von dem landw. Kreisverein zu Dresden, welcher sie 1869 gegründet hatte, unter wesentlicher Beihülfe der Staatsregierung, unterhalten worden war), ohne jedoch bisher formell als Staatsinstitut betrachtet und der Oberrechnungskammer unterstellt zu sein.

Die pflanzenphysiologische Versuchs-Station zu Tharand wird unverändert fortfahren, dieser Aufgabe vorherrschend durch von mikroskopischen und chemischen Untersuchungen begleitete Vegetationsversuche im Gewächshause, behufs Veredelung der Kulturpflanzen, sowie durch Forschungen auf dem Gebiete der Mykologie und Bakteriologie näher zu treten. Die Versuchs-Station für Pflanzenkultur zu Dresden dagegen wird den gleichen Zweck hauptsächlich durch Anbauversuche im Freien, Rassenzüchtungen, Prüfung von Kulturmethoden auf der dazu bestimmten Fläche im botanischen Garten, ferner durch phänologisch-klimatologische und entomologische Untersuchungen erstreben. Es steht der „Versuchs-Station für Pflanzenkultur zu Dresden" in dem gegenwärtig verlegten botanischen Garten zu Dresden eine Fläche von 2 Hektaren zur Verfügung. Auf dieser Fläche werden für die landwirtschaftlichen Versuchszwecke verschiedene „Bodenklassen" (schwerer Thonboden, milder Lehmboden, Kalkboden, leichter lehmiger Sandboden, Humusboden) als dauernde Anlagen, in der Ausdehnung von je 12,5 bis 25 a Fläche, durch Mischen und, wo nötig, Zufuhr des erforderlichen Bodens, auf 75 cm Tiefe, mit grösster Sorgfalt vollständig gleichmässig hergestellt. Den Untergrund bildet bei allen Parcellen ein grober, lehmiger Kies. Für die gärtnerischen Versuchszwecke werden Quartiere mit normalem Gartenbau eingerichtet, in gleicher Weise zur Anpflanzung und zu Versuchen mit Obstbäumen, Beerenobst etc. Daneben ist für Versuche, welche ihrer Anlage nach eine wissenschaftlich genaue Einstellung und Beherrschung bestimmter Wachstumsfaktoren erfordern, ein System von Vegetationskästen nach E. v. Wolff und P. Wagner in Aussicht genommen, und ferner werden gemauerte Kästen mit Glas- bezw. feiner Drahtpappe-Bedachung zu Untersuchungen über die Entwickelung, Lebensweise und Bekämpfung tierischer und pflanzlicher Feinde, aufgestellt. Eine meteorologisch-phänologische Station mit den erforderlichen Apparaten und Anpflanzungen findet gleichfalls auf dem Stationsgebäude Platz.

Unter den den Stationszwecken dienenden Gebäuden ist das Direktionsgebäude hervorzuheben, welches ausser Wohnungen für den Direktor des botanischen Gartens und den Vorstand des Versuchswesens des Laboratorium, Sammlungsräume und ein Auditorium für Vorträge und Demonstrationen enthält; ferner

ein Wirtschaftsgebäude zur Aufnahme und Bearbeitung der Ernteerzeugnisse, sowie zur Aufbewahrung der Gerätschaften. Hinter dem Wirtschaftsgebäude befindet sich der Komposthof und das Erdmagazin. Schliesslich dienen dem botanischen Garten und der Versuchs-Station gemeinsam geräumige, heizbare Gewächshäuser und zahlreiche Treibkästen, welche auf dem Gebiete der Versuchs-Station errichtet werden.

Zur Überwachung der gärtnerischen Versuche ist ein Versuchs-Obergärtner (z. Z. Herr LEHNIN) angestellt; für die landwirtschaftliche Abteilung ist aber, unter der Oberleitung Prof. Dr. O. DRUDE's, ein verantwortlicher Vorstand in der Person des Herrn Dr. STEGLICH bestellt.

Beide Stationen sollen, neben ihrer wissenschaftlichen Thätigkeit, befugt sein, auf Ansuchen von Privaten — wie bisher bereits zu Tharand üblich — Untersuchungen von Samen, Pflanzen und sonstigen geeigneten Gegenständen gegen entsprechende Vergütung auszuführen.

Die am 12. April 1890 von dem Kuratorium beratenen und demnächst von dem Königl. Ministerium des Innern genehmigten Satzungen der beiden Versuchs-Stationen lauten wie folgt:

## Satzungen für die Königlichen Versuchs-Stationen zu Dresden und Tharand.

Die seit 1869 bestehende pflanzenphysiologische Versuchs- und Samenkontrol-Station zu Tharand wird mit der am 1. April 1890 neu begründeten „Versuchs-Station für Pflanzenkultur zu Dresden" unter seinem gemeinschaftlichen Kuratorium nach folgenden Bestimmungen vereinigt:

### § 1. Zweck der Versuchs-Stationen.

Die Aufgabe beider Versuchs-Stationen ist die Förderung der Landwirtschaft und Gärtnerei durch wissenschaftliche Forschungen auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie.

Während die Versuchs-Station zu Dresden diesen Zweck hauptsächlich durch Anbauversuche, Rassenzüchtungen, Prüfung von Kulturmethoden auf der dazu bestimmten Fläche im botanischen Garten, ferner durch phänologische, klimatologische und entomologische Untersuchungen erstrebt, geschieht dies seitens der Versuchs-Station zu Tharand vorherrschend durch von

mikroskopischen und chemischen Untersuchungen begleitete Vegetationsversuche im Gewächshause behufs Veredlung der Kulturpflanzen, sowie durch Forschungen auf dem Gebiete der Mykologie und Bakteriologie. Eine scharfe Grenze zwischen der wissenschaftlichen Thätigkeit beider Versuchs-Stationen zu ziehen wird unterlassen, vielmehr von einem innigen Zusammenarbeiten beider Stationen das grösste erreichbare Mass der Förderung von Landwirtschaft und Gartenbau erwartet.

Beide Stationen sind ausserdem befugt, gegen entsprechende Vergütung Untersuchungen von Samen, Pflanzen und sonstigen in ihr Forschungsgebiet einschlagenden Objekten vorzunehmen.

§ 2. Geldmittel.

Der jährliche Aufwand für die Unterhaltung der Stationen wird gedeckt:

1. durch die von dem Königlichen Ministerium des Innern hierzu bewilligten Mittel,
2. durch Beiträge des Königlichen Finanzministeriums,
3. durch Beiträge landwirtschaftlicher und gärtnerischer Vereine und Körperschaften,
4. durch eigene Einnahmen.

§ 3. Leitung.

Jede der beiden Versuchs-Stationen wird von einem Pflanzenphysiologen geleitet, welchem die nötigen Arbeitskräfte beigeordnet werden.

§. 4. Obliegenheiten der Vorstände.

Jedem der beiden Vorstände liegt für die von ihm geleitete Versuchs-Station ob: die Geschäftsführung, die Einnahme und Ausgabe der Kasse, die Berichterstattung in den Sitzungen des Kuratoriums über die ausgeführten Arbeiten.

Jeder Vorstand verfügt über die bereit gestellten Geldmittel nach Massgabe der einzelnen Sätze des Haushaltungsplanes selbständig und ist dem Königlichen Ministerium des Innern dafür verantwortlich, mit welchem derselbe in allen laufenden geschäftlichen Angelegenheiten direkt zu verkehren hat.

Jedem derselben steht ferner zu die Leitung und Beaufsichtigung der Untersuchungen und Versuche, sowie die Zusammenstellung und Veröffentlichung der erzielten Ergebnisse.

§ 5. Zusammensetzung des Kuratoriums.

Das beiden Stationen gemeinschaftliche Kuratorium wird gebildet aus:

1. und 2. den Vorständen der beiden Versuchs-Stationen,
3. dem Direktor der Königlichen Forstakademie zu Tharand,
4. dem Professor der Agrikulturchemie an der Forstakademie,
5. dem Vorsitzenden des Dresdner landwirtschaftlichen Kreisvereins,
6. dem Generalsekretär des Landeskulturrates,
7. und 8. zwei auf je drei Jahre vom Königlichen Ministerium des Innern ernannten Vertretern des Gartenbaues.

Zu allen Versammlungen des Kuratoriums ist der von dem Ministerium des Innern ernannte Vertreter einzuladen. Derselbe ist berechtigt an den Verhandlungen teilzunehmen, beteiligt sich aber an der Abstimmung nicht. Beschlüsse des Kuratoriums, welche gegen dessen Widerspruch gefasst werden, bleiben so lange unausgeführt, bis die Entschliessung des Königlichen Ministeriums des Innern eingeholt worden ist.

Landwirtschaftliche oder Gartenbau-Vereine, welche zu den Unterhaltungskosten einer oder beider Versuchs-Stationen einen jährlichen Beitrag von mindestens fünfhundert Mark zahlen, erhalten das Recht, einen Vertreter in das Kuratorium zu entsenden.

§ 6. Vorsitz.

Das Kuratorium wählt aus seiner Mitte zur Leitung der Geschäfte einen Vorsitzenden und einen Stellvertreter desselben.

§ 7. Aufgabe des Kuratoriums.

Das Kuratorium nimmt alljährlich die Berichte der Vorstände der Versuchs-Stationen über die ausgeführten Arbeiten, sowie über die von diesen aufzustellenden neuen Arbeitspläne und die Kostenanschläge entgegen und unterbreitet dieselben mit seinem Gutachten der Genehmigung des Königlichen Ministeriums des Innern.

§ 8. Sitzungen.

Die Sitzungen des Kuratoriums finden nach Anordnung des Vorsitzenden zu Dresden oder Tharand statt.

Der Vorstand der Station des Sitzungsortes sorgt für die Protokollführung durch einen Stationsbeamten.

---

## Max Hermann Siewert †.

Der am 16. Februar 1890 verstorbene Vorstand des landw. V.-St. zu Danzig, Herr Professor Dr. MAX HERMANN SIEWERT, wurde am 10. November 1834 zu Marienwerder geboren, hat mithin ein Alter von nur 56 Jahren erreicht.

Nach einem mehrfach durch Krankheit unterbrochenen Schulbesuch absolvierte M. SIEWERT im März 1855 das Abiturientenexamen am Königl. Gymnasium seiner Vaterstadt, und studierte sodann zunächst, auf Wunsch seines Vaters, Jura. Sehr bald aber folgte er seiner Neigung für Mathematik und Naturwissenschaften, indem er mit besonderer Vorliebe sich der Chemie zuwandte. Auf Grund einer Dissertation über die Sylvinsäure erlangte SIEWERT am 10. August 1859 den philosophischen Doktorgrad und setzte noch ein Jahr lang seine Studien in Halle fort, indem er gleichzeitig die Vorlesungen über Anatomie und Physiologie besuchte. Schon während seiner Studienzeit — im Herbst 1857 — wurde SIEWERT Assistent am Universitäts-Laboratorium zu Halle. Er gab diese Stellung im Herbst 1860 auf, um für die Ausarbeitung seiner Habilitationsschrift in Göttingen Specialstudien zu machen. Ein Jahr später nach Halle zurückgekehrt, wurde SIEWERT daselbst, am 2. November 1861, von der philosophischen Fakultät auf Grund einer Abhandlung über das Chromoxyd zur Ankündigung von Vorlesungen als Privatdocent zugelassen, indem er alternierend mit dem Professor ordinarius die Hauptvorlesungen, über Experimental-Chemie und organische Chemie, übernahm. Seine Vorlesungen und die praktischen Arbeiten der Studierenden im Laboratorium hielt, bezw. leitete er in einem aus eigenen Mitteln geschaffenen Institut.

Neben den beiden Hauptvorlesungen las SIEWERT anfangs nur noch über physiologische und gerichtliche Chemie, später

(von 1863 an) auch über Agrikulturchemie und landwirthschaftlich-technische Gewerbe. Vom Jahre 1863 an nahm er mit Prof. GIEBEL an der Herausgabe der „Zeitschrift für gesamte Naturwissenschaften“ Teil, einer Zeitschrift, in welcher auch fast sämtliche wissenschaftlichen Arbeiten, während dieser Periode seiner Thätigkeit in Halle zum Abdruck gelangten.[1])

Im Herbst 1869 zum Prof. extraordinarius ernannt, folgte SIEWERT im Juli 1870, auf Veranlassung BURMEISTERS, einem Rufe als Prof. ordinarius an die Universität Cordoba in der Argentinischen Republik, und reiste am Tage seiner Vermählung, 21. Juli 1870, mit seiner jungen Gattin nach Buenos-Ayres ab. An der genannten Universität sollte auf Professor BURMEISTERS Veranlassung eine philosophische Fakultät nach Deutschem Muster errichtet werden, zu welchem Zwecke sechs Professoren berufen wurden.

Nach ungefähr 4 jähriger Wirksamkeit an der Universität Cordoba, während welcher Zeit die bis dahin nicht vorhandenen Sammlungen, Laboratorien etc. von den sechs Herren begründet wurden, konnten sich dieselben nicht länger mit den Forderungen des Herrn Prof. BURMEISTER einverstanden erklären und wurden infolgedessen sämtlich ihrer Stellungen entsetzt. Drei von ihnen kehrten sofort nach Europa zurück, während die andern nach einiger Zeit von dem neugewählten Präsidenten in andere Stellungen berufen wurden. So ward SIEWERT nach Salta gesandt, um dort ein Kollegium über Chemie abzuhalten und die Direktion der landwirtschaftlichen Schule zu übernehmen. Da jedoch die vorhandenen Alumnen auf einer zu niedrigen Bildungsstufe standen und SIEWERT auch durch das dort herrschende Malariafieber sehr zu leiden hatte, entschloss er sich im Spätsommer 1876 nach Europa zurückzukehren.

Nach seiner Rückkehr von Argentinien wurde SIEWERT sofort von dem Königl. Preussischen Landwirtschafts-Minister zum Dirigenten der durch den Centralverein Westpreussischer Landwirte neubegründeten landwirtschaftlichen Versuchs-Station zu Danzig ernannt, welche Stellung er am 1. Januar 1877 angetreten und 14 Jahre lang mustergiltig und zum Segen der

---

[1]) Die vorliegende Zeitschrift, Band 12 (1869), enthält eine eingehende Untersuchung SIEWERT'S über die Alkaloide der Lupinus-Arten.

westpreussischen Landwirtschaft begleidet hat. Da der Charakter dieser Anstalt wesentlich der einer Kontrol-Station ist und in Ermangelung von Assistenten die Kräfte des Vorstehers ausserordentlich in Anspruch nahm, wurde dem Vorstorbenen wenig Gelegenheit zu rein wissenschaftlichen Arbeiten geboten. Eine grössere Arbeit, welche in den ersten Jahren seines Danziger Aufenthaltes von SIEWERT unternommen wurde, war die Untersuchung zahlreicher Boden des sogen. Culmer Landes, welche eine Erklärung dafür anstrebte, weshalb gerade das Culmer Land so vorzüglichen Weizen produziert. Das negative Ergebnis dieser Arbeit war die Ursache, dass dieselbe nicht veröffentlicht worden ist.

Der Verstorbene ist — so heisst es in dem Nachruf einer Danziger Zeitung, — „als Opfer seines Berufes, als Soldat auf seinem Posten gefallen.“ Eine im Laboratorium erworbene Blutvergiftung verursachte ein schweres Kopfleiden, welches im eben vollendeten 55. Lebensjahre den Tod herbeiführte.

Mit der hinterlassenen Wittwe trauern um den Verstorbenen 5 Söhne, von denen vier in Argentinien, der jüngste, jetzt 11 jährige, in Deutschland geboren sind.

Den näheren Fachgenossen wird das Gedächtnis MAX SIEWERT's, als eines ernst wissenschaftlichen, zuverlässigen und treuen Mitarbeiters und Freundes in Ehren bleiben.

In der „Zeitschrift für die gesamten Naturwissenschaften“ veröffentlichte M. SIEWERT folgende Arbeiten:

| | Jahr | Band | Seite |
|---|---|---|---|
| Über das Atomgewicht des Chroms . . . . . . . . . | 1860 | 17 | 530 |
| „ die sogenannten Modifikationen des Chromoxyds . . | 1861 | 18 | 244 |
| „ eine neue Darstellungsweise der Chromsäure und einige chromsaure Salze (m. Tafel) . . . . . | 1862 | 19 | 11 |
| „ Farbenänderung der Chromoxydsalzlösung . . . . | 1863 | 21 | 501 |
| „ Salpetersäurebestimmung . . . . . . . . . . . | „ | „ | 516 |
| „ das Quecksilberoxyd . . . . . . . . . . . . . | „ | „ | 524 |
| „ das Verhalten des Eisenoxydes gegen Wasserstoff bei verschiedenen Temperaturen . . . . . . . . . | 1864 | 23 | 1 |
| „ die Normierung der Molybdänsäure . . . . . . | „ | „ | 5 |
| Chemische Untersuchung mehrerer in der Umgegend von Halle a. S. vorkommenden Quell- und Flusswasser | „ | 24 | 289 |
| Über Vegetationsversuche . . . . . . . . . . . . . | „ | „ | 312 |
| „ einen im Solaröl enthaltenen krystallisierbaren Kohlenwasserstoff . . . . . . . . . . . . . . . . . | „ | „ | 396 |
| „ Trennung von Cadmium . . . . . . . . . . . | „ | „ | 399 |
| „ Schwefelsäurebildung bei Verbrennung des Leuchtgases | „ | „ | 402 |

| | Jahr | Band | Seite |
|---|---|---|---|
| Uber eine neue Oxydationsstufe des Kupfers . . . . . | 1865 | 26 | 479 |
| „ ein Vorkommen salpetersaurer Salze im sogenannten Rebenblute . . . . . . . . . . . . . . | 1866 | 28 | 420 |
| Zur Kenntnis der Korksubstanz . . . . . . . . . . . | 1867 | 30 | 129 |
| „ Prüfung der FIELD'schen Methode der Chlor-, Brom-, Jodbestimmung . . . . . . . . . . . . . | 1868 | 31 | 1 |
| Über den Stickstoff der im Körper verbrauchten Eiweisskörper | „ | „ | 458 |
| Zusammensetzung verschiedener Proben Hopfen aus der Altmark . . . . . . . . . . . . . . . . . | „ | 32 | „ |
| Über die Alkaloide der Lupinus-Arten . . . . . . . . . | 1869 | 33 | 426 |
| „ Phosphorkupferverbindungen . . . . . . . . . . | 1870 | 35 | 38 |
| „ eine durch Einwirkung von Jodwasserstoff aus der Chinasäure entstehende Verbindung . . . . . | „ | „ | 102 |
| „ die Bestandteile des Lupinenkrautes . . . . . . . | „ | „ | 199 |
| Untersuchung einiger Rohpetroleumvorkommen und Brennmaterialien in der Argentinischen Republik . . | 1872 | 39 | 224 |
| Über ein Manganapatit und die Zusammensetzung des Apatits | 1874 | 44 | 339 |
| „ einige Mineralwasser und Heilquellen der Argentinischen Republik (m. Holzschn.) . . . . . . . . . . | „ | „ | 481 |


## Personal-Notizen.

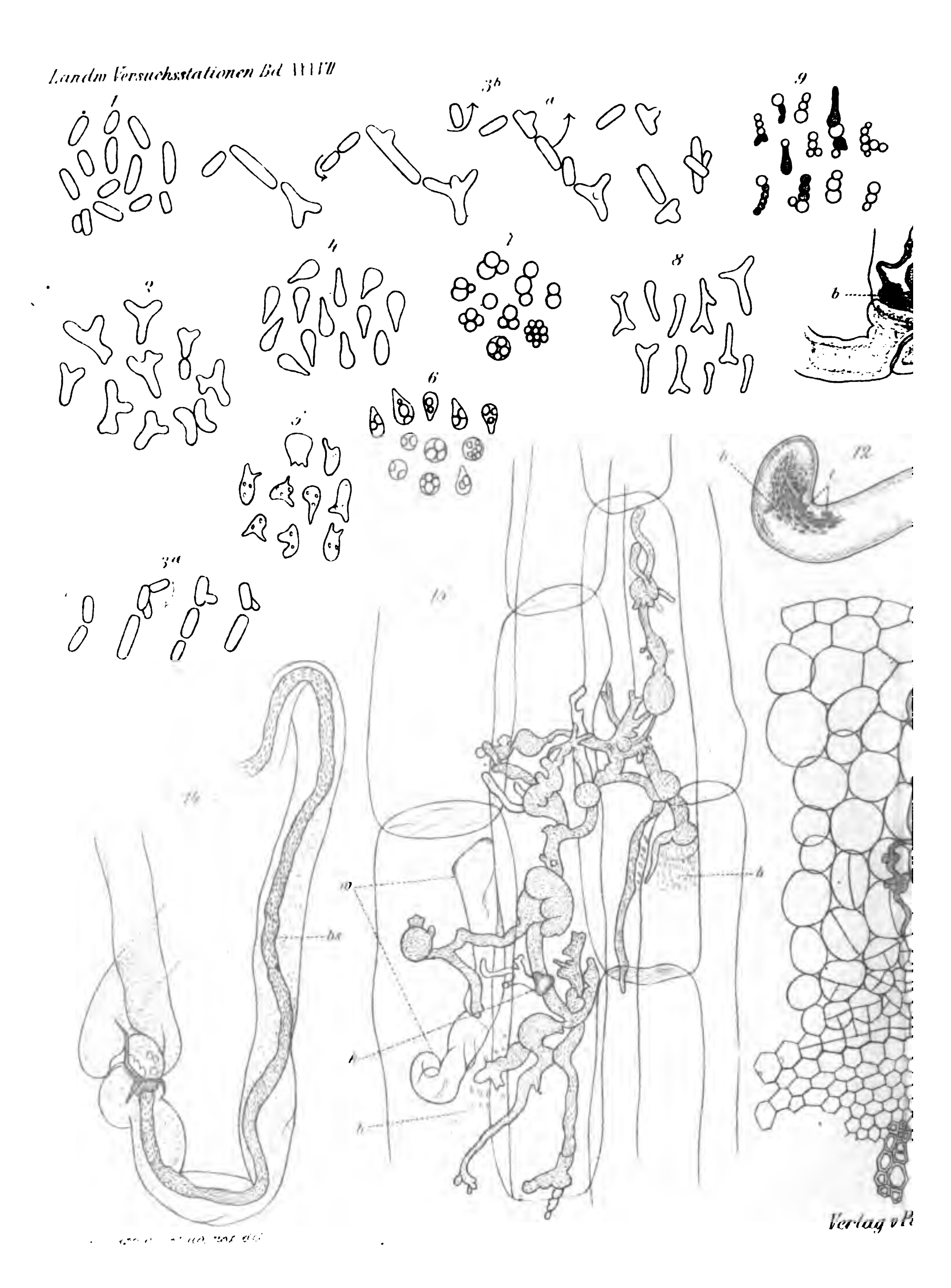
Als Nachfolger des verstorbenen Herrn Professor Dr. M. SIEWERT ist Herr Dr. B. SCHULZE, bisher Assistent der landwirtschaftl. Versuchs-Station zu Breslau, zur Leitung des chemischen Laboratoriums der landwirtschaftl. Versuchs-Station zu Danzig berufen worden.

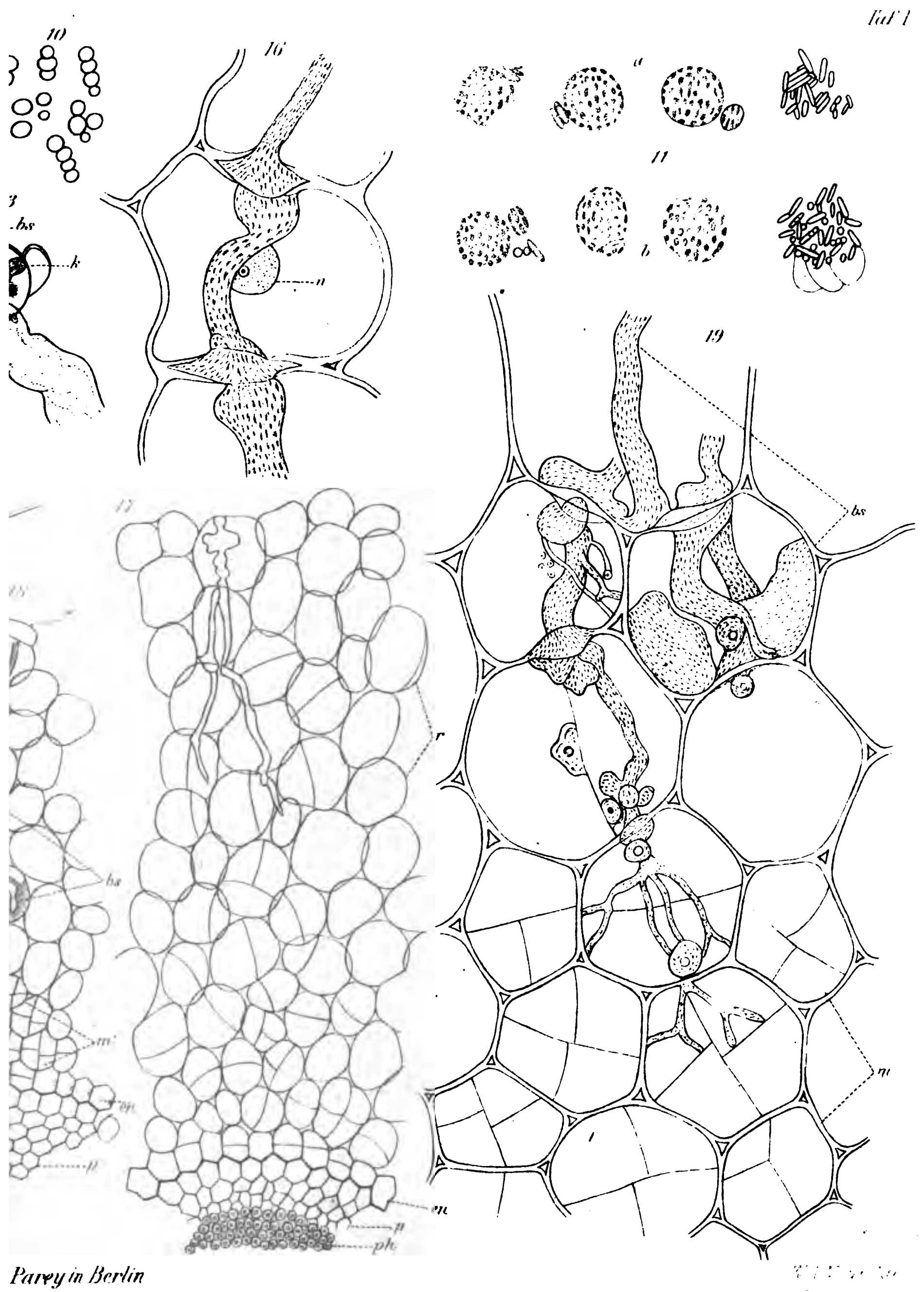
An Stelle des aus seiner Stellung scheidenden Herrn Dr. C. BRUNNEMANN wurde Herr Dr. G. LOGES, bisher Assistent der landwirtschaftl. Versuchs-Station zu Kiel, zum Vorstande der landwirtschaftl. Versuchs-Station zu Posen ernannt.

## Berichtigungen.

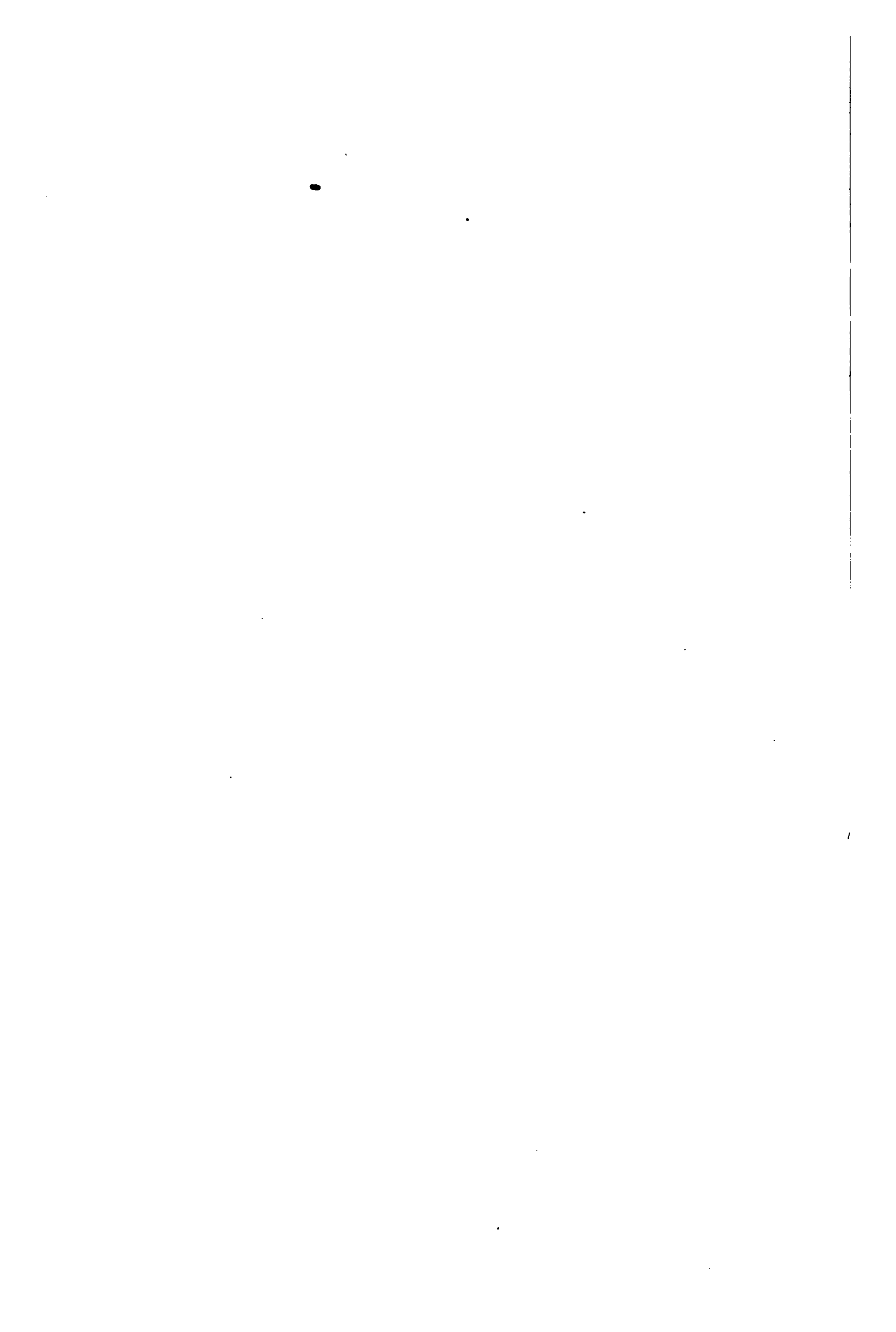
S. 12 Z. 3 v. u. statt „$^3/_4$ Hektoliter" ist zu lesen: „8 Hektoliter."
„ 16 Titel statt „Sowano" ist zu lesen: „Sawano."

Druck von Friedrich Stollberg in Merseburg.


Verlag v P




Parey in Berlin






UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 06555 8812